

UTICAJ POPLAVA NA KONTAMINIRANOST ZEMLJIŠTA I BILJNOG MATERIJALA U SKLOPU MONITORINGA DONJEG TOKA RIJEKE SPREČE

**Ahmedin Salčinović, Marijana Tomić, Helena Filipović,
Esad Bukalo, Damir Behlulović**

Federalni zavod za agropedologiju

Dolina 6, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

e-mail: ahmedin.salcinovic@fzap.gov.ba; marijana.tomic@fzap.gov.ba;

helena.filipovic@fzap.gov.ba; esad.bukalo@fzap.gov.ba; damir.behlulovic@fzap.gov.ba

Sažetak

Poplave na slivu rijeke Spreče nose sve negativne elemente koji nastaju prirodnim i antropogenim djelovanjem. Nivo kontaminiranosti u tlu iznad granične vrijednosti povećava rizik ulaska u prehrambeni lanac, a time i za ljudsko zdravlje. Posebno je ugrožen kvalitet poljoprivrednih kultura koje su izložene nepovoljnim uticajima te dolazi do akumulacije pojedinih toksikana u biljkama.

Cilj ovog rada je istraživanje kontaminiranosti zemljišta i biljnog materijala uzrokovanog poplavnim valom u donjem toku rijeke Spreče. Utvrđen je stepen kontaminacije zemljišta i biljnog materijala teškim metalima i organskim polutantima (PAH). U uzorcima tla, pored teških metala i organskih polutanata, detaljno su analizirane opšte hemijske i fizičke osobine zemljišta. Na osnovu utvrđenog stanja kontaminiranosti tla i biljaka, date su preporuke za uvođenje trajnog sistema monitoringa poljoprivrednog tla i biljaka na ovom području.

Ključne riječi: poplave, kontaminacija, teški metali, PAH-ovi, monitoring.

Uvod

Vlada Federacije Bosne i Hercegovine je donijela Zaključak kojim se zadužuje Federalni zavod za agropedologiju da u donjem toku rijeke Spreče provede detaljna istraživanja i uspostavi trogodišnji monitoring stanja zagađenosti tla i biljnog materijala teškim metalima i organskim polutantima. Osnovni zadatak istraživanja je da se utvrdi stepen kontaminiranosti poljoprivrednog zemljišta i biljnog materijala teškim metalima i organskim polutantima. Istra-

živanjem su obuhvaćeni sljedeći teški metali: olovo (Pb), kadmij (Cd), cink (Zn), nikal (Ni), krom (Cr), arsen (As), kobalt (Co), živa (Hg) i bakar (Cu). Od organskih polutanata ispitan je sadržaj PAH-ova u tlu i biljnom materijalu.

Rezultati ispitivanja

Pedološki profil je otvoren 23 km nizvodno od jezera Modrac, nalazi se na 183 m nadmorske visine i na lokalitetu Miričina. Otvoren je na ravnom terenu 70 m udaljenom od korita rijeke Spreče. Parcela se nalazi u općini Gračanica, katastarskoj općini Miričina. Kultura koja je zasijana na parceli je kukuruz (*Zea mays* L.).

Na navedenoj parceli je zastupljeno aluvijalno karbonatno tlo – Fluvisol. Ovaj tip tla pripada hidromorfnom odjelu. Formira se u dolinama vodotoka, a predstavlja recentne riječne nanose u slojevima. Kako su to mlađa tla, formiraju se plići ili dublji (A) i Ap, pa i G horizont. Za ova zemljišta važi da se slojevi smjenjuju nepravilno u velikom broju kombinacija pa se za njih ne može dati tipičan prikaz profila. Građa profila je Ah – I – II– III – IV.

Ukupno je uzeto 15 uzoraka zemljišta u neporemećenom stanju, 5 uzoraka u poremećenom stanju i 1 uzorak biljnog materijala – kultura kukuruza.



Slika 1. Pedološki profil (KO Miričina)

Tabela 1. Fizička svojstva – Physical properties

Dubina u cm	Specifična gustina g/cm ³	Volumna gustina g/cm ³	Volumen pora u %	Apsolutni kapacitet u vol. % za	
				vodu	zrak
0-11	2,64	1,15	56,12	44,72	11,40
11-36	2,64	1,17	55,84	44,74	11,10

36-72	2,71	1,21	55,45	41,69	13,77
72-99	2,97	1,16	60,59	39,93	20,67
99-160	2,69	1,51	43,91	35,31	8,60

Vrijednosti prave specifične gustine su ravnomjerno raspoređene u prva dva sloja, dok se s dubinom povećava, pa zatim smanjuje. Sagledavajući druge parametre laboratorijskih analiza, iz profila se može konstatirati da se radi o pjeskovito-ilovastom tlu.

Na osnovu vrijednosti volumne specifične gustine tlo spada u ilovače, ali sagledavajući druge parametre laboratorijskih analiza, iz profila se može konstatirati da se radi o pjeskovito-ilovastom tlu sa zadovoljavajućim sadržajem organske materije, pogotovo u prvom sloju.

Vrijednosti kapaciteta za zrak su dobre, a za vodu su prilično visoke u prva tri sloja, dok su u četvrtom i petom sloju vrijednosti osrednje. To pokazuje da tlo u prva tri sloja može primiti prilično veliku količinu vode. Mogućnost primanja vode postupno opada u narednim slojevima.

Prema Gračaninu ovo tlo je po ukupnom sadržaju pora porozno i povoljno za razvoj korijenovog sistema.

Tabela 2. Teksturni sastav zemljišta
Table 2. The textural composition of the soil

Dubina u cm	Postotni sadržaj čestica tla s promjerom u mm				Teksturna oznaka po Ehwaldu
	Krupni pjesak 2-0,2	Sitni pijesak 0,2-0,02	Prah 0,02-0,002	Glina < 0,002	
0-11	0,39	62,31	23,90	13,40	Pjeskovita-ilovača
11-36	7,80	59,50	25,80	6,90	Ilovasta-pjeskulja
36-72	12,76	60,94	20,90	5,40	Ilovasta-pjeskulja
72-99	28,27	59,83	10,70	1,20	Pjeskulja
99-160	8,27	65,73	13,20	12,80	Ilovasta-pjeskulja

Prema navedenim rezultatima zemljišta može se konstatirati da su dubinom cijelog profila tla najzastupljenije čestice sitnog pijeska čije se vrijednosti kreću u intervalu od 59,50% u drugom sloju do 65,73% u petom sloju. Najmanje su zastupljene čestice krupnog pijeska. Zastupljenost čestica praha se kreće od 10,70% u četvrtom sloju do 25,80% u drugom sloju. Čestica gline je najmanje u četvrtom sloju – 1,20%, a najviše u površinskom sloju – 13,40%.

Tabela 3. Prosječne vrijednosti vodopropusnosti
Table 3. Average values of water permeability

Dubina	K (cm/sec)	Oznaka vodopropusnosti
0-11	0,00487	Jako propusno
11-36	0,03412	Vrlo jako propusno
36-72	0,00252	Jako propusno
72-99	0,17751	Vrlo jako propusno
99-160	0,00238	Srednje do jako propusno

Tabela 4. Hemijske osobine
Table 4. Chemical properties

Dubina u cm	pH vrijednost u		Sadržaj humusa u %	Sadržaj CaCO ₃ u %
	H ₂ O	KCl		
0-11	8,32	7,60	2,27	14,33
11-36	8,40	7,67	3,21	15,57
36-72	8,54	7,77	2,35	17,91
72-99	8,56	7,81	2,17	20,85
99-160	8,63	7,59	0,59	0,94

Vrijednosti aktivne reakcije (pH u H₂O) se kreću u rasponu 8,32 do 8,56, a supstitucijske reakcije (pH u 1M KCl-u) se kreću u rasponu od 7,59 do 7,81 i prema graničnim vrijednostima Schefter-Schatschabela, zemljište u svim slojevima pokazuje alkalnu reakciju. Prema graničnim vrijednostima po Gračaninu, samo je četvrti sloj slabo humozan, dok su ostali slojevi umjerenno humozni. Sadržaj kalcijum-karbonata (CaCO₃) je visok i radi se o jako karbonatnom tlu u prva četiri sloja, samo je u posljednjem sloju riječ o slabo karbonatnom tlu.

Granične vrijednosti teških metala i organskih polutanata određene su u skladu sa Zakonom o poljoprivrednom zemljištu („Službene novine Federacije BiH“, broj 52/09), Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja („Službene novine Federacije BiH“, broj 72/09).

Teški metali

Tabela 5. Sadržaj teških metala u tlu
Table 5. Heavy metals content in soil

Elementi u tlu (mg/kg tla)	Dubina u cm				
	0-11	11-36	36-72	72-99	99-160
	Teksturna oznaka po Ehwaldu				
	Pjeskovita ilovača	Ilovasta pjeskulja	Ilovasta pjeskulja	Pjeskulja	Ilovasta pjeskulja
Olovo (Pb)	25,13	28,07	25,77	17,97	13,73
Kadmij (Cd)	1,47	1,37	1,43	1,43	0,67
Cink (Zn)	51,63	49,87	42,43	33,17	38,33
Kobalt (Co)	47,00	29,80	27,50	24,27	26,33
Bakar (Cu)	31,73	30,33	28,13	27,93	21,73
Krom (Cr)	69,23	49,50	56,87	56,77	64,87
Nikal (Ni)	559,00	440,00	361,33	295,67	326,67
Živa (Hg)	0,28	1,62	2,00	0,50	0,10
Arsen (As)	5,69	6,30	6,21	5,05	5,55

- Povišen sadržaj kadmija je prisutan u svim slojevima i kreće se od 0,67 do 1,47 mg/kg. Granične vrijednosti za pjeskovita tla su 0,50 mg/kg, a za ilovasta tla 1,00 mg/kg.
- Sadržaj kobalta u površinskom sloju je 47,00 mg/kg i malo je iznad granične vrijednosti od 45,00 mg/kg za ilovasta tla.
- Sadržaj kroma je povišen u tri posljednja sloja i kreće se od 56,77 do 64,87 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 50,00 mg/kg za pjeskovita tla.
- Povišen sadržaj nikla je prisutan u svim slojevima i kreće se od 295,67 do 559,00 mg/kg. Granične vrijednosti za pjeskovita tla su 30,00 mg/kg, a za ilovasta tla 45,00 mg/kg.
- Sadržaj žive je povišen u drugom, trećem i četvrtom sloju i kreće se od 0,50 do 2,00 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 0,50 mg/kg za pjeskovita tla.
- Sadržaj olova, cinka i arsena je ispod granične vrijednosti.

Rezultati analiza teških metala čije vrijednosti prelaze graničnu vrijednost u zavisnosti od teksture tla, u tabeli 5 su označeni crvenom bojom.

Tabela 6. Sadržaj teških metala u kukuruзу
Table 6. Heavy metals content in maize

Br.	Elementi u tlu (mg/kg tla)	Dijelovi biljke (Kukuruz)		
		Korijen	Stabljika	Plod
1	Olovo (Pb)	3,13	0,17	0,12
2.	Kadmij (Cd)	1,35	0,03	0,02
3.	Cink (Zn)	23,17	15,06	13,41
4.	Kobalt (Co)	7,19	0,10	0,12
5.	Bakar (Cu)	13,28	5,49	2,25
6.	Krom (Cr)	29,11	0,83	0,47
7.	Nikal (Ni)	168,63	0,16	0,11
8.	Živa (Hg)	0,40	0,04	0,03

Prema dostupnoj literaturi (Kloke i saradnici, 1984) kategorisali smo prisustvo teških metala u uzorcima kukuruза i predstavili ga u tabeli 6 žutom bojom ukoliko sadržaj prelazi normalnu vrijednost, a crvenom bojom ukoliko je sadržaj kritičan za rast biljaka.

Organski polutanti

Grupu PAH-ova čini više od 100 različitih strukturnih molekularnih jedinjenja, od kojih je USEPA (US Environmental Protection Agency) definisala njih 16 kao potencijalno najopasnije za zdravlje ljudi. U našoj legislativi postoji granična vrijednost samo za ukupne vrijednosti ovih 16 komponenti PAH-ova.

Na istraživanom području utvrđene su povišene vrijednosti PAH-ova te smo odlučili da prikazemo rezultate za pojedinačne, kao i za ukupne PAH-ove. Rezultati su prikazani u tabeli 7.

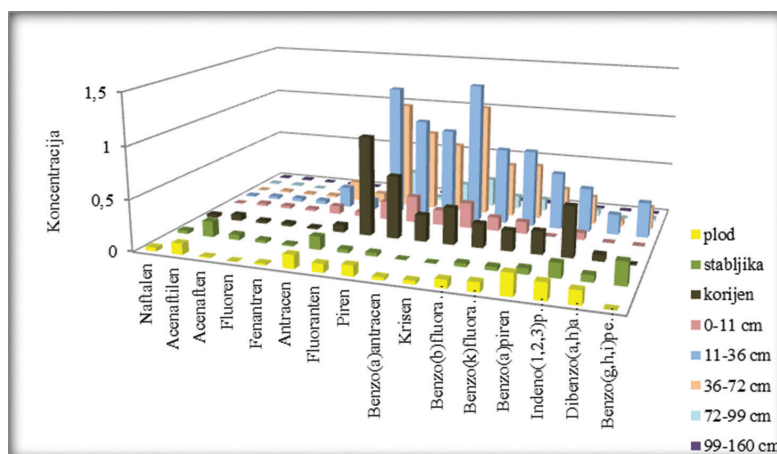
Tabela 7. Sadržaj PAH-ova u zemljištu i kukuruзу
Table 7. PAHs content in soil and maize

Br.	Komponenta	Sadržaj PAH-ova u tlu u mg/kg					Sadržaj PAH-ova u kukuruзу u mg/kg		
		I sloj	II sloj	III sloj	IV sloj	V sloj	Plod	Stabljika	Korijen
1	Naftalen	n. d.*	0,01	n. d.	0,01	0,01	0,04	0,03	0,03
2	Acenaftilen	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,11	0,15	0,06
3	Acenaften	0,03	0,03	0,01	n. d.	n. d.	0,01	0,05	0,03
4	Fluoren	0,02	0,04	0,02	n. d.	n. d.	n. d.	0,03	0,03
5	Fenantren	0,08	0,21	0,19	0,04	n. d.	0,02	0,02	0,02
6	Antracen	0,04	0,10	0,09	0,03	0,01	0,13	0,13	0,07

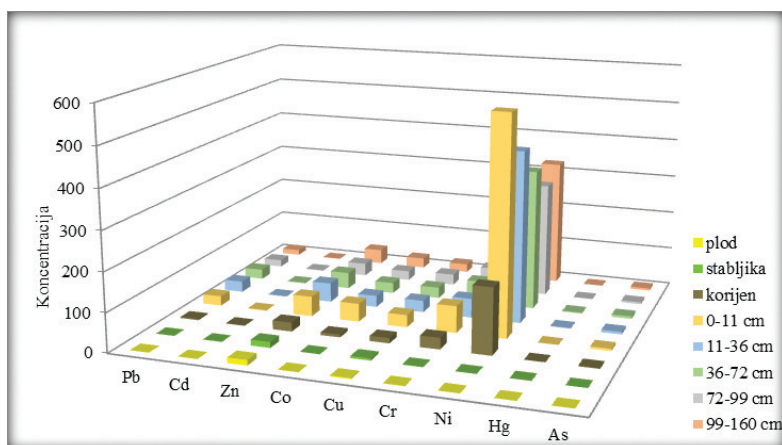
Br.	Komponenta	Sadržaj PAH-ova u tlu u mg/kg					Sadržaj PAH-ova u kukuruzu u mg/kg		
		I sloj	II sloj	III sloj	IV sloj	V sloj	Plod	Stabljika	Korijen
7	Fluoranten	0,18	1,30	1,07	0,28	0,03	0,08	0,03	0,97
8	Piren	0,26	0,98	0,80	0,03	0,02	0,10	0,03	0,61
9	Benzo(a)-antracen	0,15	0,90	0,69	0,20	0,02	0,03	n. d.	0,30
10	Krisen	0,25	1,38	1,11	0,28	0,02	0,03	n. d.	0,40
11	Benzo(b)-fluoranten	0,13	0,75	0,53	0,13	0,01	0,08	0,03	0,24
12	Benzo(k)-fluoranten	0,12	0,76	0,55	0,12	0,01	0,09	0,04	0,20
13	Benzo(a)-piren	n. d.	0,56	0,33	n. d.	n. d.	0,21	0,06	0,22
14	Indeno(1,2,3)-piren	0,07	0,43	0,27	0,06	n. d.	0,16	0,14	0,49
15	Dibenzo(a,h)-antracen	n. d.	0,20	0,06	n. d.	n. d.	0,13	0,07	0,06
16	Benzo(g,h,i)-perilen	n. d.	0,34	0,22	0,03	n. d.	n. d.	0,22	n. d.
Ukupno PAH-ova u mg/kg		1,36	8,01	5,96	1,21	0,13	1,18	1,00	3,70

* n. d. – nije detektovano

- Sadržaj ukupnih PAH-ova u tlu se u drugom i trećem sloju nalazi iznad dozvoljene granične vrijednosti od 2,00 mg/kg. Vrijednosti u prvom, četvrtom i petom sloju se nalaze ispod dozvoljene granične vrijednosti od 2,00 mg/kg.
- Sadržaj ukupnih PAH-ova u kukuruzu je vrlo visok u korijenu, gdje iznosi 3,70 mg/kg, u plodu je detektovan visok sadržaj koji iznosi 1,18 mg/kg, dok u stabljici sadržaj PAH-ova iznosi 1,00 mg/kg.



Grafikon 1. Sadržaj PAH-ova u tlu i kukuruzu
Graph 1. PAHs content in soil and maize



Grafikon 2. Sadržaj teških metala u tlu i kukuruzu
Graph 2. Heavy metals content in soil and maize

Zaključci

- U sklopu provedenog monitoringa zemljišta donjeg toka rijeke Spreče na ovom mikrolokalitetu su utvrđene najveće vrijednosti ispitanih organskih i anorganskih parametara: PAH-ova, kadmija, žive, kroma i nikla.
- PAH-ovi nisu ravnomjerno raspoređeni po slojevima, a najviše su zabilježeni u trećem sloju, gdje imaju vrijednost tri puta veću od granične. Pretpostavljamo da iznimno visoke koncentracije u trećem sloju potiču od učestalog preoravanja zemljišta.
- Sagledavajući rezultate teških metala u kukuruzu, detektovane su kritične vrijednosti kroma i nikla u korijenu, a povećane vrijednosti kobalta i kadmija. U stabljici i plodu vrijednosti ispitivanih metala su u okviru dozvoljenih granica.
- Sadržaj ukupnih PAH-ova u kukuruzu je vrlo visok u korijenu, gdje iznosi 3,70 mg/kg, u plodu je detektovan visok sadržaj koji iznosi 1,18 mg/kg, dok u stabljici sadržaj PAH-ova iznosi 1,00 mg/kg.
- Glavni uzroci povišenih vrijednosti kadmija, kobalta, žive i PAH-ova na ovom području su najvjerovatnije nastali antropološkim putem, dok se za nikel može reći da je litološkog porijekla.
- U budućim istraživanjima potrebno je detaljnije objasniti odnos usvojenih organskih i neorganskih polutanata iz tla u vegetativne biljne organe.

Literatura

- (1) Tomić, M., Behlulović, D., Salčinović, A. i saradnici 2014. *Izveštaj o monitoringu donjeg toka rijeke Spreče*. Federalni zavod za agropedologiju, Sarajevo.
- (2) Resulović, H., Čustović, H., Čengić, I. 2008. *Sistematika tla/zemljišta*, Univerzitet u Sarajevu.
- (3) Mesić, H. i saradnici 2008. *Izrada programa trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom*, Zagreb.
- (4) Kloke, A., Sauerbeck, D. R., Vetter, H. 1984. „The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains“, in: Nriagu, J. O. (ed.) *Changing metal cycles and human health*, Springer-Verlag, Berlin, pp. 113-119.
- (5) Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja, „Službene novine Federacije BiH“, broj 72/09.

THE EFFECTS OF FLOODS ON CONTAMINATION OF SOIL AND PLANT MATERIAL WITHIN MONITORING IN THE LOW FLOW OF THE SPREČA RIVER

Summary

Floods in Spreča river basin carry all the negative elements that are occurring naturally and with anthropogenic activities.

The level of contamination in soil above the limiting value increases the risk of entering into the food chain and thereby for the human health.

Particularly is endangered quality of agricultural crops that are exposed to adverse conditions, and comes to the accumulation of certain toxicants in plants.

The goal of this work is to study contamination of soil and plant material caused by a flood wave in the lower course of the river Spreča.

We determined level of contamination of soil and plant material with heavy metals and organic pollutants (PAHs). In soil samples, besides heavy metals and organic pollutants, were analyzed the general chemical and physical properties of soil.

Based on determined state of contamination of soil and plants, recommendations for the introduction of a permanent system of monitoring agricultural soils and plants in this region.

Key words: floods, contamination, heavy metals, PAHs, monitoring.

