

UTICAJ FIZIČKIH SVOJSTAVA TLA NA PRISTUPAČNOST TEŠKIH METALA I PAH-ova NA POPLAVNOM PODRUČJU RIJEKE SPREČE

**Amira Solak, Amra Semić, Nura Rešidović,
Marijana Tomić, Mirza Semić**

Federalni zavod za agropedologiju
Dolina 6, Sarajevo, Bosna i Hercegovina
e-mail: info@fzap.gov.ba

Sažetak

Značaj poznavanja zemljišta je višestruk, bilo da se izučava kao prirodno tijelo bilo kao osnovno sredstvo biljne proizvodnje ili kao objekat rada. Morfološke osobine zemljišta daju potpuniju sliku o zemljištu i njegovim osnovnim karakteristikama. Ovaj rad se bavi određivanjem fizičko-hemijskih svojstava profila tla i problemom pristupačnosti teških metala policikličnih aromatskih ugljikovodika (PAH-ova) u tlu. Istraživanjem fizičkih svojstava tla obuhvaćeno je određivanje teksturnog sastava tla, vodopropusnost, specifična gustina, volumna gustina, volumen pora i apsolutni kapacitet tla za vodu i zrak. Ovim radom se nastoji utvrditi uticaj pojedinih fizičkih svojstava na pristupačnost teških metala i PAH-ova. Na osnovu provedenih terenskih ispitivanja i opažanja te laboratorijskih analiza utvrđene su fizičko-hemijske osobine tla i vertikalna distribucija polutanata u profilu tla.

Ključne riječi: fizičke osobine tla, teški metali, PAH-ovi, kontaminacija.

Uvod

Uloga tla u prirodnim ekosistemima i agroekosistemima je višestruka i višenamjenska. Poroznost, prozračnost, teksturni sastav, odnosno fizičke osobine određuju odgovarajuću okolišnu interakciju za prijem, sakupljanje, izmjenjivanje i filtriranje kako hranjivih tako i onečišćujućih tvari. Svojim hranjivim tvarima i vodom, tlo je i medij za ukorjenjivanje i opskrbu biljaka, ali i omogućava život mnogim organizmima i mikroorganizmima. (Bogunović i Ćorić, 2014)

Istraživanja su provedena nakon majskih poplava u donjem toku rijeke Spreče, nizvodno od brane na akumulaciji Modrac. Obuhvaćena su tri lokaliteta, i to: Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica. Na lokalitetu Do-

nja Lohinja utvrđeno je aluvijalno tlo – fluvisol, dok je na lokalitetima Stjepan polje i Velika Brijesnica zastupljeno eutrično smeđe tlo na aluvijalnom nanosu. Uzorci su uzimani metodom uzorkovanja, sondiranja i otvaranjem pedoloških jama u svrhu određivanja fizičko-hemijskih svojstava tla.

Daljnja istraživanja su provedena u laboratoriji Federalnog zavoda za agropedologiju, gdje su uzorci pripremani za određivanje fizičko-hemijskih svojstava tla. Ispitivanje fizičko-hemijskih svojstava tla ima za cilj utvrditi međusobni uticaj teksturnog sastava, apsolutnog kapaciteta za vodu i zrak te volumen pora na distribuciju teških metala i organskih polutanata PAH-ova.

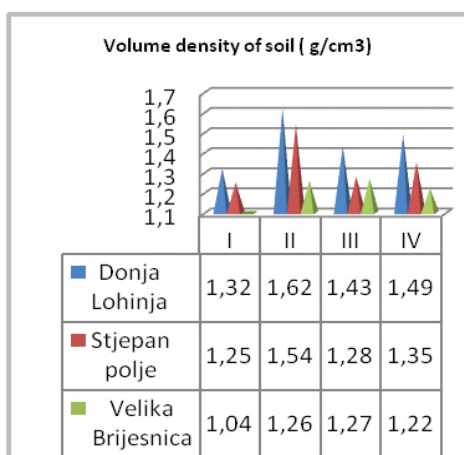
Rezultati

Rezultati istraživanja prikazani su kroz fizičke osobine i hemijska svojstva tla.

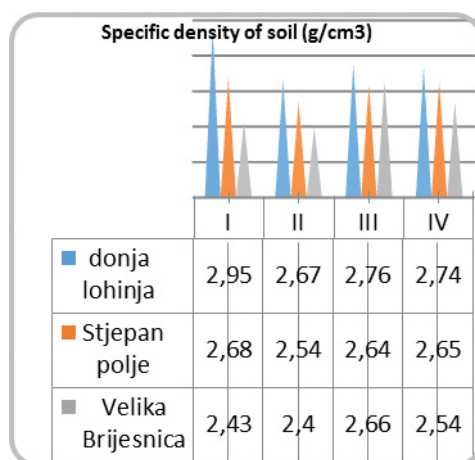
Fizičke osobine tla

Terenskim istraživanjem uzeto je 3 do 5 uzoraka tla u poremećenom stanju sa svake lokacije, zavisno od broja slojeva u profilu. Također su uzeti uzorci u neporemećenom stanju u Kopecky cilindrima, gdje je uzeto 36 uzoraka u neporemećenom i 12 uzoraka u poremećenom stanju. Na temelju laboratorijskih ispitivanja uzoraka u cilindrima po Kopeckom određena su sljedeća fizička svojstva, i to: specifična gustina tla, volumna gustina tla, volumen pora tla, apsolutni kapacitet tla za vodu i zrak i vodopropusnost tla.

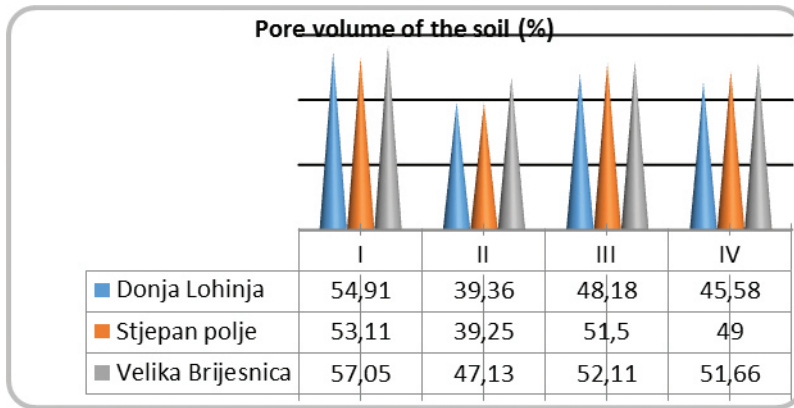
Vrijednosti prave specifične gustine i volumne gustine su dobar pokazatelj zbijenosti tla, poroznosti, strukture i mehaničkih svojstava. Rezultati određivanja specifične gustine tla lokaliteta Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica predstavljeni su grafički (Grafikon 1 i Grafikon 2).



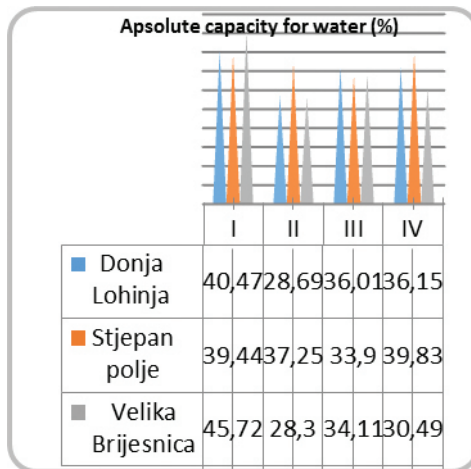
Grafikon 1. Specifična gustina tla u g/cm³
Graph 1. Specific density of soil in g/cm³



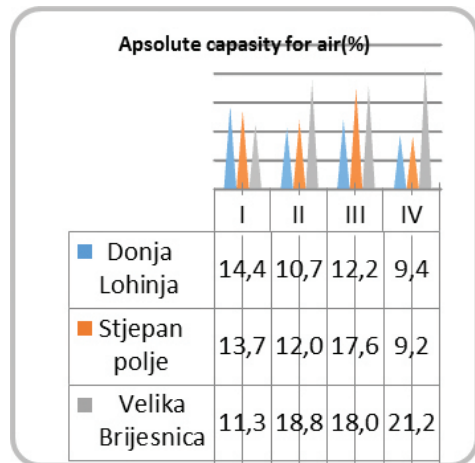
Grafikon 2. Volumna gustina tla u g/cm³
Graph 2. Volume density of soil in g/cm³



Grafikon 3. Volumen pora uzoraka tla profila u %
Graph 3. Pore volume of the soil in %



Grafikon 4. Apsolutni kapacitet za vodu (%)
Graph 4. Absolute capacity for water (%)



Grafikon 5. Apsolutni kapacitet za zrak (%)
Graph 5. Absolute capacity for air (%)

Procentualni sadržaj svih pora u tlu određuje porozitet tla. Rezultati određivanja sadržaja pora po dubini ispitivanih lokaliteta predstavljeni su grafički u grafikonu 3. Apsolutni kapacitet za zrak i apsolutni kapacitet za vodu su fizičke osobine koje opisuju sposobnost tla za kontinuirano snabdijevanje biljke vodom te imaju utjecaj na distribuciju hranjivih tvari i na sposobnost zadržavanja vode i otopljenih tvari. Rezultati određivanja apsolutnog kapaciteta za vodu prikazani su u grafikonu 4, a rezultati određivanja apsolutnog kapaciteta za zrak u grafikonu 5.

Ispitivanim uzorcima u poremećenom stanju iz profila Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica određen je teksturni sastav tla prema inter-

nacionalnoj B-pipet metodi, a teksturna oznaka određena je prema trokutu po Ehwaldu, a rezultati su predstavljani u tabeli 1.

Tabela 1. Teksturni sastav tla lokaliteta Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica

Table 1. Soil texture sites Donja Lohinja, Stjepan polje and Velika Brijesnica

Lokalitet Locality	Dubina (cm) Depth (cm)	Postotni sadržaj čestica tla s promjerom Percentage content of soil particles				Teksturna oznaka po Ehwaldu
		Krupni pijesak 2-0,2 mm	Sitni pijesak 0,2-0,02 mm	Prah 0,02- 0,002	Glina < 0,002 mm	
Donja Lohinja	0-26	7,93	54,67	24,7	12,7	Pjeskovita-ilovača
	26-66	5,83	69,27	15,3	9,6	Ilovasta pjeskulja
	66-110	10,12	73,08	9,7	7,1	Pjeskulja
	110-160	3,15	69,95	16,2	10,7	Ilovasta pjeskulja
Stjepan polje	0-18	1,79	40,52	34,2	23,5	Ilovača
	18-38	0,63	35,97	38,8	24,6	Ilovača
	38-76	0,45	35,45	38,2	25,9	Ilovača
	76-125	0,3	29,1	40,3	30,3	Ilovasta-glinuša
Velika Brijesnica	0-21	0,22	35,48	45,3	19	Ilovača
	21-40	0,22	47,58	35,8	16,4	Ilovača
	40-78	0,2	54,4	28,8	16,6	Ilovača
	78-144	0,12	27,28	45,8	26,8	Ilovača

Hemijska svojstva tla

Tabela 2. Sadržaj teških metala i PAH-ova, crvenom bojom su označene prekogranične vrijednosti

Table 2. Content of heavy metals and PAHs, in red are marked cross-border value

polutanti u mg/kg	Donja Lohinja				Stjepan polje				Velika Brijesnica			
	dubine				dubine				dubine			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Pb	19,1	14,2	10,2	13,5	22,3	20,2	21,0	23,5	28,4	27,3	20,3	23,3
Cd	1,0	0,7	0,6	0,6	1,0	0,9	0,8	0,9	1,4	1,3	1,1	1,1
Zn	42,7	35,2	30,1	34,3	52,8	51,9	52,6	54,6	57,7	50,0	45,8	54,7
Co	30,4	28,8	23,6	26,0	35,4	36,8	36,8	36,3	34,6	33,6	33,1	36,1
Cu	23,2	20,7	15,8	19,2	32,7	35,2	36,4	40,2	38,4	35,0	29,7	38,0
Cr	45,8	68,2	60,8	60,7	84,3	74,2	73,5	74,5	45,8	46,0	47,7	89,6
Ni	498,3	467,0	352,3	429,3	475,0	547,3	542,0	539,3	524,3	533,7	515,7	567,7

polutanti u mg/kg	Donja Lohinja				Stjepan polje				Velika Brijesnica			
	dubine				dubine				dubine			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Hg	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	1,6	0,9	0,1	0,2
As	4,8	4,2	3,5	4,2	6,5	6,7	6,8	5,8	6,2	6,2	4,8	4,9
PAH-ovi	0,8	0,2	0,0	0,0	0,4	0,1	0,0	0,0	1,8	1,2	0,3	0,1

Hemijskim ispitivanjima uzoraka u poremećenom stanju određivao se sadržaj teških metala u skladu s BAS ISO 11047:1998, BAS ISO 16772:2005 i BAS ISO 20280:2009, sadržaj organskih komponenata PAH-ova određivao se u skladu s BAS ISO 18287:2008, a rezultati su prikazani u tabeli 2.

Diskusija

Sredinom maja 2014. god uslijed poplave došlo je do izlivanja rijeke Spreče, gdje se terenskim i laboratorijskim istraživanjem nastojala utvrditi potencijalna opasnost od nanesenih onečišćujućih tvari, posebno teških metala i organskih polutanata, koji mogu negativno utjecati na biljnu proizvodnju, a i na sastav i strukturu tla.

Dobiveni rezultati mjerenja specifične gustine tla na lokalitetima Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica pokazuju uglavnom pad vrijednosti s dubinom, jer je tlo zbijenije prema dubljim slojevima. Na osnovu rezultata određivanja specifične gustine na uzorcima mogu se uočiti odstupanja u padu vrijednosti kod uzoraka druge dubine profila Donja Lohinja i Stjepan polje, kao i kod prve i druge dubine profila Velika Brijesnica, gdje je došlo do smanjenja vrijednosti specifične gustine, odnosno do lagane zbijenosti tla.

Vrijednosti volumne gustine su pokazatelji povoljne strukture tla, odnosno tlo je poroznije što je zapreminska gustina manja. Vrijednosti volumne gustine lokaliteta Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica uglavnom raste s dubinom od 1,04 do 1,62 g/cm³, odnosno s dubinom se smanjuje poroznost tla.

Prema rezultatima određivanja volumena pora prema Gračaninu, tlo je na ovim lokalitetima po prvom sloju, odnosno po ukupnom sadržaju pora, porozno s volumenom pora od 53,11 do 57,05%, dok je drugi sloj malo porozan i smanjuje mogućnost prodora korijenovog sistema u dublje slojeve, što negativno utiče na rast i razvoj korjenovog sistema, a time i na prinos gajenih kultura.

Apsolutni kapacitet tla za vodu opisuje sposobnost tla za kontinuirano snabdijevanje biljke za vodom. Ukupni kapacitet za vodu približno odgovara ukupnoj zapremini pora. Iz rezultata prikazanih u grafikonu 4. može se

zaključiti da je vrijednost kapaciteta za vodu na lokalitetima prilično velika u prvom sloju, s vrijednostima od 39,44 do 45,72%, kapacitet za vodu je u drugom sloju mali i kreće se od 28,3 do 37,25%, dok je u trećem i četvrtom osrednji s iznosima u rasponu od 30,49 do 39,83%.

Rezultati određivanja apsolutnog kapaciteta za zrak paralelno prate pad vrijednosti apsolutnog kapaciteta za vodu s dubinom (Grafikon 5). Dobivene vrijednosti apsolutnog kapaciteta za zrak uglavnom su veće od 10%, pa se mogu karakterisati kao optimalne za razvoj biljnog korijenja.

Rezultati određivanja postotnog sadržaja čestica tla profila Donja Lohinja pokazuju sličan raspored čestica po dubinama. U prvoj dubini profila Donja Lohinja zastupljena je pjeskovita-ilovača, u drugom sloju zastupljena je ilovasta-pjeskulja, u trećem sloju zastupljena je pjeskulja, a u četvrtom sloju na dubini zastupljena je ilovasta-pjeskulja. Donja Lohinja po teksturnom sastavu pripada lakšim tlima i samim tim je podložnija kontaminaciji biljaka teškim metalima, što pokazuju i rezultati sadržaja teških metala u tlu čije su vrijednosti iznad graničnih vrijednosti. Prema rezultatima određivanja teksturnog sastava profila Stjepan polje i teksturnoj oznaci, prve tri dubine profila se klasificiraju kao ilovače, a četvrta dubina kao ilovasta glinuša. Prema rezultatima određivanja teksturnog sastava lokaliteta Velika Brijesnica vidljiv je ujednačen raspored čestica sitnog praha i gline po slojevima pa se tlo Velike Brijesnice klasificira kao ilovača.

Na temelju dobivenih rezultata određivanja sadržaja teških metala i dozvoljenih vrijednosti može se konstatovati da je sadržaj olova, cinka, kobalta, bakra, žive i arsena ispod granične vrijednosti za ove elemente.

Sadržaj ukupnih oblika teških metala u tlu je na lokalitetima Donja Lohinja i Velika Brijesnica veći u prvom sloju od drugog i trećeg sloja kod sljedećih elemenata: olovo, kadmij, cink, kobalt, bakar, živa i arsen, kao i kod sadržaja PAH-ova, dok je sadržaj kroma niži u prvom sloju, a nikla veoma heterogen u svim slojevima.

Zaključak

Terenskim i laboratorijskim istraživanjem uzoraka s poplavljenog područja rijeke Spreče nastojalo se odrediti fizičko-hemijske parametre tla te njihove međusobne odnose. Na temelju dobivenih rezultata fizičkih komponenata tla na profilima Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica utvrđen je relativan uticaj fizičkih komponenata tla na distribuciju teških metala i PAH-ova u tlu.

Na svim profilima vrijednosti specifične gustine su uglavnom padale s dubinom, što je uslovalo porast zbijenosti tla prema dubljim slojevima. Vrijednosti volumne gustine rastu prema dubljim slojevima profila, odnosno dolazi

do smanjenja poroznosti. Odstupanja u vrijednostima specifične gustine i volumne gustine se javljaju u drugom sloju, što se kod profila Velika Brijesnica može vezati za tip tla, koje je eutrično tlo na aluvijalnom nanosu s naizmjenično raspoređenim lakšim i težim frakcijama tla.

Sadržaj teških metala, kao i organskih polutanata, pokazuje vertikalnu distribuciju s dubinom na svim profilima, izuzev četvrtog, najdubljeg sloja, gdje dolazi do povećanja količine nekih teških metala, što je vjerovatno uslovljeno nakupljanjem teških metala. Može se zaključiti da je vertikalna distribucija teških metala i PAH-ova uslovljena smanjivanjem specifične gustine i porastom volumne gustine. Na temelju rezultata volumena pora tla na profilima Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica može se zaključiti da pad vrijednosti volumena pora tla prati vertikalnu distribuciju teških metala i organskih polutanata PAH-ova.

Rezultati određivanja apsolutnog kapaciteta za zrak paralelno prate pad vrijednosti apsolutnog kapaciteta za vodu s dubinom. Dobivene vrijednosti apsolutnog kapaciteta za zrak uglavnom su veće su od 10%, pa se karakterišu kao optimalne za razvoj biljnog korijenja.

Rezultati teksturnog sastava tla na profilima Donja Lohinja, Stjepan polje i Velika Brijesnica ne pokazuju velike razlike među slojevima profila, odnosno uglavnom imaju iste ili slične teksturne oznake. Na temelju rezultata teksturne oznake ne može se utvrditi utjecaj veličine čestica tla s distribucijom teških metala i PAH-ova.

Na osnovu podataka sadržaja teških metala i organskih polutanata PAH, relativno je vidljiv pad vrijednosti s dubinom. Najviše vrijednosti sadržaja teških metala zabilježene su u prvom sloju, a u nekim područjima se vrijednosti u sva četiri horizonta nalaze ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti. Na osnovu tabele za granične, upozoravajuće i kritične vrijednosti ukupnih PAH-ova u tlu te prijedloga za tla koja se nalaze u industrijskim područjima, vrijednosti u sva četiri horizonta se nalaze ispod dozvoljenih graničnih vrijednosti. Sadržaj ukupnih PAH-ovih jedinjenja u sva četiri horizonta nalaze se ispod dozvoljene granične vrijednosti od 2,00 mg/kg.

Literatura

- (1) Tomić, M., Behlulović, D., Salčinović, A. i saradnici 2014. *Izveštaj o monitoringu donjeg toka rijeke Spreče*. Federalni zavod za agropedologiju, Sarajevo.
- (2) Bogunović, M., Čorić, R. 2014. *Višenamjensko vrednovanje zemljišta i racionalno korištenje prostora*, Sveučilište u Mostaru.
- (3) Čustović, H., Tvica, M., 2003. *Praktikum za pedološka istraživanja*.
- (4) Čustović, H., Resulović, H. 2002. *Pedologija*, Univerzitetski udžbenik, Univerzitet u Sarajevu.

EFFECT OF PHYSICAL PROPERTIES OF THE SOIL ON THE AVAILABILITY OF HEAVY METALS AND PAHS IN THE FLOODPLAIN OF THE RIVER SPREČA

Summary

Morphological characteristics of the land provide a fuller picture of the land and its basic characteristics.

This research deals with determining the physical and chemical properties of the soil profile and the problem of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) availability in the soil. Field and laboratory research samples from the flooded areas of the river Spreča sought to determine the physical-chemical parameters of the soil, and their interrelationships.

Based on the results found in the physical components of the soil profiles Donja Lohinja, Stjepan polje and Velika Brijesnica, the relative influence of the physical components of the soil was determined on the distribution of heavy metals and PAHs in the soil.

In all profiles the specific gravity values were generally decreased with the depth, which caused an increase of soil density in the deeper layers. With depth, the bulk density values have increased, and the porosity values have been reduced.

The heavy metals content as well as organic pollutants shows the vertical distribution with depth on all sections, except for the fourth deepest layer, where there is slightly higher amount of some heavy metals. That is probably caused by the accumulation of heavy metals. It can be concluded that the vertical distribution of heavy metals and PAHs is caused by reduced specific gravity and increased bulk density.

Based on the results of the pore volume of the soil on profiles Donja Lohinja, Stjepan polje and Velika Brijesnica, decline in the value of the pore volume of the soil has an impact on vertical distribution of heavy metals and organic pollutants PAHs.

Results of the absolute capacity of air and absolute capacity of water have lower values in deeper layers. The values of the absolute capacity of the air are generally higher than 10%, so as to characterize the optimal development of the roots.

Results of the soil textural composition of profiles in Donja Lohinja, Stjepan polje and Velika Brijesnica do not show significant differences among the profile layers, and have the same or similar texture mark. Based on the results of texture mark, the effect of the soil particle size on distribution of heavy metals and PAHs cannot be determined.

Based on the data of heavy metals and organic pollutants PAHs content, relatively is noticeable decrease of values with depth. The highest amounts of heavy metals have been presented in the first layer, and in some areas the values in all four horizons are below the allowed limit values. Based on the table of limiting, warning and critical values for total PAHs in the soil, as well as preposition for the soil, which are located in industrial areas, the values in all four horizons are below the allowed limit values.

Key words: physical properties of the soil, heavy metals, PAHs, contamination.