

MONITORING TEŠKIH METALA U TLU ZENIČKE REGIJE

MONITORING OF HEAVY METALS IN SOIL OF ZENICA REGION

Doc. dr. Šefket Goletić
Univerzitet u Sarajevu
Mašinski fakultet u Zenici

Ključne riječi: teški metali, sumpor, tlo, granične vrijednosti sadržaja teških metala u tlu, kategorije onečišćenosti tla

REZIME

Ekosistemi zeničke regije su nekoliko decenija bili pod uticajem visokih emisija prašine (koja sadrži teške metale), SO₂ i drugih polutanata, emitovanih iz metalurških i termoenergetskih postrojenja, sve do 1992. godine kada je u potpunosti obustavljen njihov rad. Tlo je bilo kontaminirano teškim metalima i proizvodnja mnogih poljoprivrednih kultura je bila rizična.

Ključna metalurška postrojenja ne rade od početka 1992. godina, zbog čega je emisija prašine, teških metala, SO₂ i drugih polutanata znatno smanjena.

Najnovija istraživanja pokazuju da je u tlu nađen znatno manji sadržaj teških metala i sumpora nego za vrijeme rada integralne Željezare, što je rezultat njihovog kontinuiranog iznošenja iz tla sa usjevima i ispiranja sa vodom i znatno nižih emisija uslijed višegodišnjeg nerada integralne Željezare. Sadržaj teških metala i sumpora u tlu je i dalje povećan u odnosu na prirodno stanje što je posljedica njihove antropogene redistribucije za vrijeme rada integralne Željezare. Prosječne vrijednosti uglavnom ne prelaze granične norme, koje se navode u svijetu. Zbog toga je potrebno uvesti monitoring teških metala u pedosferi i biljkama i preduzeti potrebne mjere zaštite tla (kalcizacija, humizacija, fitoremedijacija, ograničenje emisije i sl.), radi zaštite zdravlja stanovništva.

Key words: heavy metals, sulphur, soil, maximal tolerated concentration in soil, categories of soil contamination

SUMMARY

The ecosystems of the Zenica region for several decades have been under the high dust emissions (containing heavy metals) and SO₂ emitted from its metallurgical and power plants, until the beginning of 1992, when their work was stopped. The soil was contaminated with heavy metals, and because of that agricultural production was risky.

The key metallurgical plants have not been operating since 1992 so the environment load with heavy metals, SO₂, and other pollutants considerably decreased till today.

The latest research showing that in soil it is registries considerably decreased contain of heavy metals and sulphur than in time integral iron-steel-factory working. That is result of continually bringing out of soil with crops, washing out with water and considerably decreased emissions because of non-working integral iron-steel-factory for many years. Average values of contain of heavy metals and sulphur in soil at Zenica region, large part of time, don't exceed a maximal tolerable concentrations, which quoting in the World. The heavy metals and sulphure contains still increased compare with natural condition. That is consequence of their anthropogenic redistribution in period of integral iron-steel-factory work. Therefore, it would be necessary introduce monitoring of heavy metals contain in pedosphere and plants, and keep a sharp lookout of safety measures at soil (the

calcification, humification, phytoremediation, reduction of emissions of the dust and SO₂, etc.) with aim of peoples health protection.

1. UVOD

Tlo je osnovni prirodni resurs na kojem se temelji proizvodnja hrane i sirovina. Ono ima višestruku ulogu u savremenom konceptu održivog razvoja (Sustainable development), a ključni oslonac tog razvoja je održiva poljoprivreda (Sustainable agriculture) i racionalno korištenje prirodnih resursa. Sve su brojniji podaci u naučnoj i stručnoj literaturi koji pokazuju da je tlo jedan od najugroženijih prirodnih resursa naše planete, a mjere njegove zaštite se nedovoljno provode [1, 2, 3].

Devastacija ili oštećenje tla najčešće je uzrokovana kontaminacijom i fizičkim uništavanjem tla (pedocid). Kontaminacija tla je veoma česta pojava u industrijskim područjima i uz frekventnije saobraćajnice, a manifestuje se u promjeni hemijskih, bioloških i fizičkih svojstava tla. To utiče na smanjenje plodnosti tla i na prinos i kvalitet poljoprivrednih proizvoda.

Kontaminacija tla najčešće je uzrokovana unošenjem teških metala koji se emituju iz različitih industrijskih postrojenja. Zbog toga se teški metali javljaju u velikim količinama u tlu u mnogim industrijskim područjima, naročito u okolini industrije za preradu metala. Njihova zajednička osobina je neograničena akumulacija u biosferi i u lanac ishrane ulaze uglavnom preko biljaka. Biljke ih usvajaju i nakupljaju pod velikim uticajem njihovog sadržaja u tlu, kao i drugih ekoloških faktora. Zbog toga biljke, koje rastu na tlu s povećanim sadržajem teških metala, apsorbuju i akumulirajuju teške metale u količinama koje mogu uzrokovati različite ekološke posljedice i ugroziti zdravlje konzumenata (čovjeka i životinja).

Ekosistemi zeničke regije su više decenija bili izloženi intenzivnom uticaju teških metala, koji su emitovani iz metalurških postrojenja. Ova postrojenja proizvodila su oko 2 mil. t/g čelika i istovremeno su u atmosferu emitovala 12640 t/g prašine. Prašina je imala visok sadržaj teških metala [4, 5, 6].

To je uticalo na antropogenu redistribuciju teških metala u tlu zeničke regije. Tlo i biljke su bili znatno kontaminirani teškim metalima. Zbog toga je proizvodnja mnogih poljoprivrednih kultura bila rizična radi mogućeg uključivanja teških metala u lanac animalne i humane ishrane [7, 8, 9].

Ključna metalurška postrojenja nerade od početka 1992. godine, zbog čega je opterećivanje tla u okolini Željezare sa teškim metalima smanjeno na minimum [10, 11, 12].

U ovom radu su izneseni rezultati istraživanja sadržaja i dinamike teških metala u tlu zeničke regije pri različitim imisijama teških metala koji potiču iz metalurških i drugih industrijskih postrojenja.

2. MATERIJAL I METODA RADA

Istraživanja sadržaja i dinamike teških metala u tlu realizovana su na devet lokaliteta na području općine Zenica. Lokaliteti su postavljeni po sistemu koncentričnih krugova na različitim udaljenostima od izvora emisije (Željezara "Zenica"), na tri najzastupljenija i ekološki najvrednija tipa tla (rendzina, eutrično i kiselo smeđe tlo).

Eksperimentalni poligoni su postavljeni na poljoprivrednom zemljištu. Teren predstavlja ravne do blago inklinirane terase (0-15°).

Uzorci tla su uzimani kromiranom sondom sa dubine 0-20 cm (oranični sloj), na primjernim pedološki homogenim plohama. Na svakoj lokaciji sakupljen je prosječan uzorak (oko 2 kg) od uzetih devet pojedinačnih uzoraka. Uzorci tla su zatim pripremani za analizu po standardnom postupku. Prvo su osušeni na sobnoj temperaturi (zrakosuhi uzorci) i usutnjeni na čestice veličine ispod 1 mm. Razlaganje uzoraka izvršeno je u HNO₃ i HClO₄.

U pripremljenim uzorcima tla određivan je ukupan sadržaj teških metala (Pb, Cd, Zn, Cu i Fe) i sumpora. Određivanje sadržaja teških metala izvršeno je po postupku atomske apsorpcijske spektrofotometrije prema standardu ASTM E 1024-84 (Reapproved 1994) i ASTM E 1812-96. Sumpor je određivan gravimetrijski kao BaSO₄.

Za interpretaciju rezultata u ovom radu korišteni su kriteriji i granične vrijednosti sadržaja teških metala u tlu koje su danas najviše u upotrebi, a prikazane su u tabeli 1.

TABELA. 1. GRANIČNE VRIJEDNOSTI SADRŽAJA TEŠKIH METALA U TLU (mg/kg)

Element	Švicarska	Njemačka	Austrija	Hrvatska	Kloke 1981
Pb	50	100	100	100-150	100
Cd	0,8	1,5	1-3	1-2	3
Zn	200	200	300	200-300	300
Cu	50	60	100	60-100	100
Fe	-	-	-	50.000	300

Klasifikacija zagađenja tla izvršena je na osnovu stepena zagađenja (SZ) koji predstavlja postotak sadržaja teških metala u tlu u odnosu na graničnu vrijednost:

$$SZ = \frac{\text{Sadržaj teških metala u tlu (mg / kg)}}{\text{Granična vrijednost (mg / kg tla)}} \cdot 100$$

Klasifikacija zagađenja tla teškim metalima izvršena je u pet klasa prema Bašiću i dr. Š1Ć:

- I klasa** - čisto tlo koje ima SZ do 25 % od granične vrijednosti i tla iz ove klase su veoma pogodna za poljoprivrednu proizvodnju;
- II klasa** -tlo povećanog zagađenja koje ima SZ 25 - 50 % od granične vrijednosti i tla iz ove klase su pogodna za uzgoj bilja, ali ih je potrebno zaštititi od imisija teških metala;
- III klasa** - tlo velike zagađenosti koje ima SZ 50 - 100 % od granične vrijednosti i tla iz ove klase se mogu koristiti za uzgoj biljaka, ali su potrebne pojačane mjere zaštite;
- IV klasa** - zagađeno tlo koje ima SZ 100 - 200 % od granične vrijednosti i tla iz ove klase su nepogodna za svaki uzgoj biljaka (biljnu proizvodnju) i nužne su mjere za sanaciju i ograničavanje uzgoja kultura;
- V klasa** - jako zagađeno tlo koje ima SZ preko 200 % od granične vrijednosti i na tlima iz ove klase nije dozvoljen uzgoj bilja za humanu i animalnu upotrebu i na njima treba provesti cjelovite mjere sanacije i rekultivacije.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Prosječne vrijednosti sadržaja teških metala i sumpora u tlu, koje su registrovane za vrijeme rada integralne Željezare i nakon višegodišnjeg nerada ključnih metalurških postrojenja, prikazane su u tabeli 2.

TABELA 2. SADRŽAJ TEŠKIH METALA I SUMPORA U TLU (mg/kg, zrakosuhi uzorak)

Lokaliteti	Udalje- nost (km)	Pb		Cd		Zn		Cu		Fe		S	
		1989	1999	1989	1999	1989	1999	1989	1999	1989	1999	1989	1999
Tetovo	0,5	263	97	7,5	2,12	215	303	65	43	68500	50445	600	769
Pehare	1,6	128	65	8,5	2,34	157	151	58	46	46733	38478	1300	571
Gradišće	2,5	129	84	7,8	2,37	168	170	48	59	40700	37956	733	725
Stranjani	5,4	75	46	6,8	2,00	106	112	39	40	46733	34578	267	274
Janjički Vrh	7,8	70	55	5,5	1,47	107	96	38	36	42067	30667	167	203
Mutnica	8,6	80	68	8,5	1,45	123	130	52	42	50367	34822	267	227
Arnauti	12,6	49	56	8,6	1,49	84	95	64	50	62933	36867	333	320
Orahovica	14,0	57	45	6,8	1,37	93	91	85	61	32367	27845	300	249
Šerići	18,0	67	38	6,0	1,44	135	121	65	42	36100	27189	433	374
PROSJEK		102	62	7,34	1,78	132	141	57	46	47389	35427	489	412
PRIRODNI SADRŽAJ		0,1-20		0,1-1		3 - 50		1 - 20		32.000		100 - 500	

Na lokalitetima Tetovo, Pehare, Gradišće, Mutnica i Arnauti zastupljeno je tlo tipa rendzina na laporima i laporovitim glinama, na lokalitetima Stranjani i Janjički Vrh zastupljeno je eutrično smeđe tlo na flišu, a na lokalitetima Orahovica i Šerići kiselo smeđe tlo na rožnjacima i glincima.

Iz prikazanih rezultata u tabeli 2 uočava se da je sadržaj teških metala u tlu varirao u zavisnosti od položaja lokaliteta i njihove udaljenosti od izvora emisije i drugih ekoloških uvjeta. Najveći sadržaj teških metala, osim Cu, kao i ukupnog S, registrovan je u tlu na lokalitetima bližim Željezari, koji su imali najveće opterećivanje teškim metalima i drugim polutantima emitovanim iz metalurških i termoenergetskih postrojenja. Na tim lokalitetima zastupljeno je tlo tipa rendzina koje ima neutralnu do slabo alkalnu vrijednost pH i visok sadržaj karbonata. To predstavlja određenu pogodnost, jer više vrijednosti pH tla i viši sadržaj karbonata sa povoljnim odnosom jona Ca^{2+} otežavaju usvajanje teških metala od strane biljaka, odnosno translokaciju iz tla u biljke.

Po obodima zeničke kotline najzastupljenije je eutrično smeđe tlo koje ima slabo kiselu vrijednost pH i niži sadržaj karbonata. U ovom tlu nađene su nešto niže vrijednosti sadržaja teških metala nego u rendzini i najniži sadržaj ukupnog sumpora. Slabo kisela reakcija tla vjerovatno je pogodovala većem usvajanju sumpora i iznošenju iz tla od strane biljaka. Inače, smatra se da se najinertivnije usvajanje sumpora od strane biljaka odvija pri slabo kiseljoj reakciji tla [13].

Najniže vrijednosti sadržaja teških metala, osim bakra, registrovane su na najudaljenijim lokalitetima od izvora emisije, koji su imali najniže opterećenje emisijama iz antropogenih izvora. Na najudaljenijim lokalitetima je zastupljeno kiselo smeđe tlo. U ovom tlu su upravo

nađene najveće količine bakra. Kiselo smeđe tlo zbog niskog adsorpcionog kapaciteta i niskih vrijednosti pH i karbonata pospješuje mobilnost teških metala i njihovo veće nakupljanje u biljkama, zbog čega postoji realna mogućnost prenošenja teških metala kroz lanac ishrane. Biljke se najlošije osjećaju na kiselim tlima, jer u takvim uvjetima najintenzivnije usvajaju teške metale iz koji uzrokuju različite toksične efekte [14].

Zbog toga kisela zemljišta treba kontrolisano koristi za poljoprivrednu proizvodnju radi zaštite zdravlja ljudi. Kod ovih zemljišta poželjno je primijeniti mjere kalcizacije i humuzacije radi popravljivanja adsorpcionog kompleksa.

Sadržaj ispitivanih teških metala i sumpora u tlu zeničke regije znatno je opao zbog njihovog kontinuiranog iznošenja iz tla sa usjevima i ispiranja sa vodom i znatno nižih emisija uslijed višegodišnjeg nerada integralne željezare [11, 12].

Međutim, sadržaj teških metala i sumpora u tlu je i dalje povećan u odnosu na prirodno stanje [1, 13, 14, 15].

Sadržaj sumpora u tlu je u pojasu širine 2,5 km oko Željezare veći od prosječnih vrijednosti koje se navode u svijetu [16].

Sadržaj teških metala i sumpora u tlu zeničke regije je takav da je podobnost ovog tla i dalje smanjena za normalan rast i razvoj mnogih biljnih vrsta pogodnih za uobičajene načine korištenja, jer postoji realna mogućnost uključivanja teških metala u lanac animalne i humane ishrane.

Iako je sadržaj teških metala i sumpora u tlu povećan u odnosu na prirodno stanje, on je uglavnom niži od graničnih vrijednosti (Tabela 1).

U Bosni i Hercegovini nisu pravno propisane granične vrijednosti sadržaja teških metala u tlu i zato su kod interpretacije rezultata korišteni internacionalni propisi (Direktive Evropske unije i propisi nekih evropskih zemalja). Mišljenja smo da bi ih trebalo pravno regulisati i u BiH s ciljem stvaranja pravnih pretpostavki za očuvanje kvaliteta tla.

Tlo zeničke regije, prema sadržaju: olova, kadmija, cinka i željeza, spada u treću klasu onečišćenosti, odnosno u tlo "velike onečišćenosti", a po sadržaju bakra i ukupnog sumpora u drugu klasu, odnosno u tlo "povećane onečišćenosti".

Posljednja istraživanja pokazuju da je kapacitet tla zeničke regije takav da ne postoji mogućnost za prijem (imisiju) i bezopasno vezivanje teških metala i sumpora. Taj kapacitet je ograničen. Zbog toga treba preduzeti mjere zaštite tla s ciljem povećanja njegove odbrambene sposobnosti (kalcizacija, humizacija, fitoremedijacija) i obezbijediti kontinuirani monitoring teških metala u ekosistemima zeničke regije, kao i plodnosti poljoprivrednog tla. Emisije teških metala moraju se ravnati prema kapacitetu tla za njihov bezopasan prijem. Stanje kvaliteta tla i životne sredine treba uvažavati kod novih investicionih zahvata, radi zaštite zdravlja ljudi i održivog kvaliteta životne sredine.

4. ZAKLJUČCI

1. Istraživanjem sadržaja i dinamike teških metala i sumpora u tlu zeničke regije konstatovano je značajno opadanje njihovog sadržaja. To je rezultat njihovog iznošenja iz tla sa usjevima i ispiranja vodom, kao i maksimalne redukcije emisija uslijed višegodišnjeg nerada ključnih metalurških postrojenja.

2. Tlo i dalje ima povećan sadržaj teških metala i sumpora u odnosu na prirodno stanje što je posljedica njihove antropogene redistribucije za vrijeme rada integralne Željezare. Međutim, registrovane vrijednosti uglavnom ne prelaze granične norme, koje se navode u svijetu.

3. Rezultati istraživanja sadržaja i dinamike teških metala u tlu zeničke regije pokazuju da je njegov kvalitet i dalje ugrožen. To nameće potrebu daljeg monitoringa teških metala u pedosferi i biljkama i preduzimanja potrebnih zaštitnih mjera tla (fitoremedijacija tla, kalcijacija, humizacija i sl.) radi zaštite zdravlja stanovništva.

5. LITERATURA

- [1] Bašić, F., Mesić, M., Butorac, A.: Teške kovine u tlima općine Glina. *Agronom. glasnik Zagreb*, 1-2: 13-39, 1994.
- [2] Resulović, H.: Uticaj tehnološkog razvoja na procese oštećenja zemljišta, mjere sanacije i zaštite. *Zbornik radova sa Stručnog skupa "Zaštita okolice - Tuzla '97"*, Tuzla, 32-34, 1997.
- [3] Šarić, T., Beus, V., Gadžo, D., Đikić, M.: *Uništavanje i zaštita zemljišta*. IGP Garmond Sarajevo, 1999.
- [4] Duran, F., Arnautović, Z., Galijašević, D.: Stanje zagađenosti zraka u Zenici. *Zbornik referata sa I Jugosl. kongresa o očuvanju čistoće vazduha, Zenica*, 2: 962-991, 1989.
- [5] Duran, F.: Specifičnosti zagađenosti zraka u gradu Zenica za period 1986-1996. *Zbornik radova sa Prvog hrvatskog znanstveno-stručnog skupa "Zaštita zraka '97"* Crikvenica, p 153-159, 1997.
- [6] Omanović, M.: Problemi zaštite okoline u proizvodnji i preradi metala. *Dom štampe Zenica*, p 35-66, 1991.
- [7] Bašović, M., Burlica, Č., Ivetić, B., Martinović, J., Omanović, M., Radadanović, R., Timotijević, B.: *Studija o oštećenju i zagađenosti zemljišta, njegova zaštita i iskorištavanje na području opštine Zenica*. Studija. Zavod za agropedologiju Sarajevo, 1986.
- [8] Ivetić, B.: *Sadržaj i dinamika teških metala i sumpora u tlu, vodi (drenažnoj) i biljkama na području opštine Zenica*. Studija. Zavod za agropedologiju Sarajevo, 1991.
- [9] Goletić, Š.: *Uticaj teških metala na populacije nekih kulturnih i divljih biljnih vrsta na području Zenice*. Magistarski rad. Prirod. mat. fak. Univerziteta u Sarajevu, 1992.
- [10] Goletić, Š.: *Efekti višegodišnjeg nerada zeničke Željezare na kvalitet okoliša*. *Zbornik radova sa naučno-stručnog skupa "Kvalitet '99"*. Maš. fak. Zenica, p 389-397, 1999.
- [11] Goletić, Š.: *The dynamics of the heavy metals in the vegetable species of the Zenica region ecosystem, in the conditions of different industrial loads*. A PhD. Thesis, Faculty of Science, University of Sarajevo. 2002
- [12] Goletić, Š., Redžić, S.: *The dynamics of the heavy metals in the some plants of the Zenica region*. *The Third International Balkan Botanical Congress "Plant resources in the creation of new values"*, May 18 to 24, 2003.
- [13] Kastori, R., Petrović, N., Arsenijević-Maksimović, I.: *Heavy metals and plants*. *Heavy metals in the environment*. Research Institute of Field and Vegetable Crops. Novi Sad, Ed. R. Kastori, pp 195-258, 1997.
- [14] Kabata-Pendias, A., Pendias, H.: *Trace Elements in Soils and plants*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1984.
- [15] Bogdanović, D., Ubavić, M., Hadžić, V. (1997): *Heavy metals in soil*. *Heavy metals in the environment*. Research Institute of Field and Vegetable Crops. Novi Sad, Ed. R. Kastori, pp 95-152.
- [16] Velagić Habul, E., Šaćiragić, B., Lazarev, V.: *Preliminarno istraživanje uticaja emisija jedinjenja sumpora na zemljište i biljke opštine Visoko*. *Zašt. atm.* 18 (1-2) 9-16, 1990.