

**PRAĆENJE SADRŽAJA TEŠKIH METALA U TLU
OKOLINE ŽELJEZARE U ZENICI**

**INVESTIGATION THE CONTENT OF HEAVY METALS
IN SOIL NEAR OF THE STEELPLANT IN ZENICA**

Doc. dr. Šefket Goletić
Mašinski fakultet Univerziteta u Zenici

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

REZIME

Okolina Željezare u Zenici je više decenija bila pod stalnim uticajem visokih emisija prašine (sa visokim sadržajem teških metala), SO₂ i drugih polutanata, emitovanih iz metalurških i termoenergetskih postrojenja. Tlo je u širem okruženju željezare bilo kontaminirano teškim metalima i proizvodnja mnogih poljoprivrednih kultura je bila rizična zbog uključivanja teških metala u lanac animalne i humane ishrane.

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

U ovom radu su izneseni rezultati istraživanja sadržaja teških metala u tlu okoline Željezare u Zenici nakon desetogodišnjeg ne rada ključnih metalurških postrojenja. Najnovija istraživanja pokazuju da je sadržaj teških metala u tlu i dalje povećan u odnosu na prirodno stanje, što je posljedica njihove antropogene redistribucije za vrijeme rada integralne željezare. Međutim, prosječne vrijednosti uglavnom ne prelaze granične norme.

Sada se stvaraju realni uslovi da integralna željezara ponovo profunkcioniše sa proizvodnjom preko 2 miliona tona čelika godišnje. Zbog toga se očekuje da će njena okolina biti ponovo pod uticajem emisija prašine sa teškim metalima i drugih polutanata ukoliko se ne provedu adekvatne mjere zaštite i ne uskladi emisija sa potencijalnim kapacitetom okoliša. Smatramo da bi trebalo preduzeti mjere zaštite tla i okoliša radi zaštite zdravlja stanovništva uvesti monitoring teških metala u tlu i drugim komponentama okoliša.

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

ABSTRACT

Surroundings of the Steelplant in Zenica for several decades have been under high dust emission (containing heavy metals), SO₂ and other pollutants emitted from metallurgical and power plants. The soil in the wider surrounding of Steelplant was contaminated with heavy metals and agricultural production was at risk because of the inclusion of heavy metals in human and animal nutrition chain.

The primary metallurgical plant has not been operating since 1992, and because of that emission of dust, heavy metals and other pollutants have considerably decreased.

In this paper are presented the results of the researches of content of heavy metals in soil in the surrounding of Steelplant after of non-working of primary metallurgical plants for ten years. The

latest research showed that the concentration of heavy metals in the soil is higher from the natural condition, which is consequence of their anthropogenic redistribution during the time when integral steelplant was working. Because of that average values of concentrations of heavy metals in soil, do not exceed critical concentrations.

Realistic conditions for the functioning of the integral steelplant are being created, and the Steelplant will have the capacity of 2 million tons of steel yearly in the nearby future. Because of that, it is expected that the surrounding of Steelplant will be again under the influence of dust emission with heavy metals and other pollutants in case of not taking over necessary protection measures and non-harmonize emission of heavy metals with the potential capacity of environment. And because of that, necessary security measures should be undertaken for the protection of the environmental and monitoring of the heavy metals in the soil and other components of environment, because of health protection of population as well.

1. UVOD

Okolina Željezare u Zenici je više decenija bila pod stalnim uticajem visokih emisija prašine sa visokim sadržajem teških metala, SO₂ i drugih polutanata, emitovanih iz metalurških i termoenergetskih postrojenja [1,2,3].

Visoke emisije uticale su na antropogenu redistribuciju teških metala u tlu u širem okruženju Željezare. Zbog toga su tlo i biljke bili znatno kontaminirani teškim metalima i proizvodnja mnogih poljoprivrednih kultura je bila rizična radi uključivanja teških metala u lanac animalne i humane ishrane [4,5,6].

Osnovna metalurška postrojenja ne rade od početka 1992. godine, a termoenergetska rade sa oko 20 % kapaciteta. Zbog toga je opterećivanje tla i drugih komponenti okoliša teškim metalima u okolini Željezare znatno smanjeno [7,8].

Najnovija istraživanja pokazuju da je sadržaj teških metala u tlu i dalje povećan u odnosu na prirodno stanje, što je posljedica njihove antropogene redistribucije za vrijeme rada integralne željezare. Međutim, prosječne vrijednosti uglavnom ne prelaze granične norme [9].

Sada se stvaraju realni uslovi da integralna željezara ponovo profunkcioniše u relativno kratkom vremenu sa proizvodnjom preko 2 miliona tona čelika godišnje. Zbog toga se očekuje da će porasti opterećivanje tla i drugih komponenti okoliša sa teškim metalima, što će ovisiti od preduzetih mjera za sprečavanje i ograničavanje emisije iz tehnoloških procesa Željezare.

U ovom radu su izneseni rezultati istraživanja sadržaja teških metala u tlu okoline Željezare u Zenici nakon desetogodišnjeg ne rada osnovnih metalurških postrojenja.

2. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja sadržaja teških metala u tlu realizovana su na devet lokaliteta u okolini Željezare u Zenici, koji su korišteni u višegodišnjim praćenjima efekata teških metala i drugih polutanata na pojedine komponente okoliša. Lokaliteti su postavljeni po sistemu koncentričnih krugova na različitim udaljenostima od Željezara, na tri najzastupljenija i ekološki najvrednija tipa tla (rendzina, eutrični i distrični kambisol).

Eksperimentalni poligoni su postavljeni na poljoprivrednom zemljištu. Uzorci tla su sakupljeni sa dubine 0-20 cm (oranični sloj), na primjernim pedološki homogenim plohama. Na svakoj lokaciji sakupljeni su prosječni uzorci tla (oko 2 kg) i pripremani su za analizu po standardnom postupku. Razlaganje uzoraka izvršeno je u HNO₃ i HClO₄. Određivanje ukupnog sadržaja teških metala (Pb, Cd, Zn, Cu i Fe) izvršeno je po postupku atomske apsorpcijske spektrofotometrije.

Za interpretaciju rezultata u ovom radu korišteni su kriteriji i granične vrijednosti propisane Uputstvom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode

njihovog ispitivanja u Federaciji Bosne i Hercegovine ("Službene novine Federacije BiH", broj: 11/99), kao i kriteriji drugih evropskih zemalja.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

3.1. Hemijska svojstva tla

Veliki uticaj na akumuliranje i zadržavanje teških metala u tlu, kao i njihovu mobilnost i translokaciju u druge komponente okoliša imaju hemijska svojstva tla, a posebno vrijednost pH, sadržaj organske materije, karbonata i fosfata [10]. Tlo sa visokim sadržajem organske materije, karbonata i fosfata veže teške metale u nepristupačne oblike, koji se teško prenose u biljku [11]. Eksperimenti sa biljkama gajenim na različitim vrstama tla pokazali su povećano usvajanje i niz štetnih efekata teških metala na biljke koje su rasle na kiselom tlu [12, 13]. Zbog toga su u okolini Željezare u Zenici provedena i istraživanja nekih hemijskih svojstava tla (reakcija, aktivna i potencijalna kiselost, sadržaj organske materije i karbonata), a rezultati tih istraživanja su prikazana u Tabeli 1.

Tabela 1. Hemijska svojstva tla.

Lokalitet	Udaljenost od izvora emisije (km)	Tip tla	Vrijednost pH tla (1 : 2,5)		Sadržaj humusa (%)	Sadržaj CaCO ₃ (%)	Sadržaj Ca ²⁺
			H ₂ O	KCl			
Tetovo	0,5	Rendzina na laporima i laporovitim glinama	7,55	7,02	6,80	4,82	2,67
Pehare	1,6		6,72	6,07	8,10	4,61	2,50
Gradišće	2,5		7,63	7,27	6,19	17,34	3,00
Stranjani	5,4	Eutrični kambisol na flišu	6,25	5,51	5,42	3,83	1,25
Janjički Vrh	7,8		5,18	4,55	4,77	3,15	0,85
Mutnica	8,6	Rendzina na laporima i laporovitim glinama	6,97	6,05	4,20	3,16	1,75
Arnauti	12,6		7,42	6,70	5,71	12,10	4,50
Orahovica	14,0	Distrični kambisol na rožnjacima	5,08	4,36	5,42	4,89	1,20
Šerići	18,0		5,40	4,63	6,81	2,42	0,60

Rendzina ima povoljan absorpcijski kompleks, jer ima neutralnu do slabo alkalnu vrijednost pH, dobru obskrbljenost organskom materijom i visok sadržaj karbonata sa povoljnim odnosom Ca²⁺ jona. Povoljan absorpcijski kompleks značajno doprinosi imobilizaciji teških metala i njihovoj otežanoj absorpciji od strane biljaka i drugih biotičkih sistema. Ovo tlo najviše je zastupljeno u zoni bliže Željezari, što ima određenu ekološku pogodnost jer relativno dobro imobilizuje teške metale, odnosno, ima dobre puferske osobine. Međutim, absorpcijski kapacitet tla ima svoje granice. Intenzitet vezivanja metala u tlu i stabilnost veza opada sa opadanjem pH vrijednosti, sadržaja organske materije i karbonata u tlu. U takvim uvjetima dio teških metala obrazuje lako rastvorljiva jedinjenja, koja su dostupna biljkama. Tako eutrični kambisol ima nepovoljniji absorpcijski kompleks zbog slabo kisele do kisele reakcije, a zastupljen je najviše po brdima koja okružuju zeničku kotlinu. Distrični kambisol ima relativno visoku kiselost i niži sadržaj karbonata sa najnepovoljnijim odnosom Ca²⁺ jona, zbog čega ima najniži absorpcijski potencijal u odnosu na istraživane tipove tla. Zastupljen je na najudaljenijim lokacijama od Željezare. U slučaju opterećivanja kiselih zemljišta teškim metalima, neophodan je monitoring i njihovo kontrolisano korištenje za poljoprivrednu proizvodnju, kao i primjena mjera za imobilizaciju teških metala (humizacija, kalcifikacija i

sl.). Ove mjere predstavljaju djelotvoran melioracijski zahvat na kiselim zemljištima, naročito ako su kontaminirana teškim metalima [4,9,14,15].

Poznavanje faktora koji utiču na ponašanje i dinamiku teških metala u tlu i njihovu pristupačnost biotičkim sistemima ima veliki ekološki značaj, posebno za zaštitu zdravlja ljudi i okoliša [5,8,14].

3.2. Sadržaj i dinamika teških metala u tlu

Tlo kao specifičan i dinamičan prirodni sistem vezano je sa drugim komponentama okoliša, prvenstveno kroz razmjenu materije. Teški metali imaju normalan biogeohemijski ciklus i dopijevaju u tlo gdje mogu da se zadrže kraće ili duže vrijeme zavisno od njegovih fizičko-hemijskih svojstava. Veoma sporo se gube ispiranjem i iznošenjem sa usjevima. Zbog toga se mogu akumulirati u tlu u velikim količinama i tada mogu narušiti prirodna fizičko-hemijska svojstva, plodnost i filtracijsku sposobnost tla. Zato je poznavanje faktora koji utiču na ponašanje teških metala u tlu i njihovu pristupačnost živim organizmima od velikog ekološkog značaja [16].

Prosječne vrijednosti sadržaja teških metala u tlu okoline Željezare u Zenici prikazane su u Tabeli 2.

Tabela 2. Prosječne vrijednosti sadržaja teških metala u tlu (mg/kg, zrakovuhi uzorak).

Lokalitet	Udaljenost od Željezare (km)	Pb	Cd	Zn	Cu	Fe
Tetovo	0,5	97	2,12	303	43	50445
Pehare	1,6	65	2,34	151	46	38478
Gradišće	2,5	84	2,37	170	59	37956
Stranjani	5,4	46	2,00	112	40	34578
Janjički Vrh	7,8	55	1,47	96	36	30667
Mutnica	8,6	68	1,45	130	42	34822
Arnauti	12,6	56	1,49	95	50	36867
Orahovica	14,0	45	1,37	91	61	27845
Šerići	18,0	38	1,44	121	42	27189
PROSJEK		62	1,78	141	46	35427
PRIRODNI SADRŽAJ		0,1-20	0,1-1	3-50	1-20	32000
GRANIČNE VRIJEDNOSTI		100-150	1-2	200-300	60-100	-

Granične vrijednosti teških metala u poljoprivrednom zemljištu su propisane Uputstvom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja u Federaciji Bosne i Hercegovine. Ove vrijednosti se u karbonatnim tlima mogu povećati za 25 % zbog njihovih povoljnih filtracijskih sposobnosti.

Iz prikazanih rezultata u Tabeli 2 uočava se da je sadržaj teških metala u tlu okoline Željezare povećan u odnosu na prirodno stanje, ali je uglavnom niži od maksimalno dozvoljenih vrijednosti. Sadržaj teških metala u tlu je varirao u zavisnosti od položaja lokaliteta i njihove udaljenosti od izvora emisije, edafskih i drugih ekoloških faktora. Najveći sadržaj ispitivanih teških metala, osim bakra, registrovan je u tlu na lokalitetima bližim Željezari na kojim dominiraju tla tipa rendzina na laporima i laporovitim glinama. Ovo tlo ima neutralnu do slabo alkalnu vrijednost pH, dobar apsorpcioni kompleks i puferska svojstva. To doprinosi

imobilizaciji teških metala, čime se otežava njihovo usvajanje od strane biljaka i uključivanje u hranidbeni lanac.

Po obodima zeničke kotline najzastupljeniji je eutrični kambisol na flišu, koji ima slabo kiselu do kiselu vrijednost pH i niži apsorpcioni kompleks. U ovom tlu nađene su nešto niže vrijednosti sadržaja teških metala nego u rendzini. Najniže prosječne vrijednosti teških metala, osim bakra, registrovane su na najudaljenijim lokalitetima od dominantnih izvora emisije. Na tim lokalitetima najzastupljeni je distrični kambisol na rožnjacima. Ovo tlo je imalo najnižu emisiju teških metala emitovanih iz antropogenih izvora. Veće prisustvo bakra u distričnom kambisolu vjerovatno je posljedica imputa iz geološke podloge. Distrični kambisol, zbog niskog adsorpcionog kompleksa i niskih vrijednosti pH, pospješuje mobilnost teških metala i njihovu veću apsorpciju i akumulaciju u biljkama. Zbog toga kisela tla treba kontrolisano koristiti za poljoprivrednu proizvodnju radi zaštite zdravlja ljudi. Kod ovih zemljišta poželjno je primijeniti zaštitne mjere radi popravljivanja adsorpcionog kompleksa i puferske sposobnosti, kao što je kalcifikacija, humuzacija i sl. [10, 14, 15, 17].

U industrijsko-urbanim područjima gdje su tla kontaminirana teškim metalima, vrši se njihova klasifikacija prema stepenu onečišćenosti i utvrđuje stepen pouzdanosti daljeg korištenja za poljoprivrednu proizvodnju. Klasifikacija se vrši na osnovu stepena zagađenja tla, koji predstavlja postotak sadržaja teških metala u tlu u odnosu na maksimalno dozvoljenu vrijednost. Svakojoj klasi zagađenosti primjerene su odgovarajuće mjere zaštite tla [8, 10].

Za ocjenu stanja onečišćenosti istraživanih tala sa teškim metalima, izračunali smo postotak kontaminacije u odnosu na graničnu vrijednost, koja se smatra maksimalno dopuštenim sadržajem za pojedine teške metale prema kriterijima citiranog Uputstva o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja. Vrijednosti su indikativne za ocjenu stanja, a prikazane su u Tabeli 3.

Tabela 3. Postotak sadržaja teških metala u tlu od granične vrijednosti (%).

Lokalitet	Pb	Cd	Zn	Cu
Tetovo	65	106	101	43
Pehare	43	117	50	46
Gradišće	56	118	57	59
Stranjani	31	100	37	40
Janjički Vrh	37	73	32	36
Mutnica	45	72	43	42
Arnauti	37	74	32	50
Orahovica	30	68	30	61
Šerići	25	72	40	42
PROSJEK (%)	41	89	47	46

Prema navedenoj klasifikaciji, tlo na području općine Zenica, prema sadržaju: Pb, Zn i Cu, spada u II klasu onečišćenosti, odnosno u tla "povećane onečišćenosti", a po sadržaju Cd u III klasu - tla "velike onečišćenosti". Pojedini lokaliteti, posebno u zoni do 5 km oko Željezare, imaju veću onečišćenost teškim metalima i prema Pb i Zn spadaju u III klasu - tla "velike onečišćenosti", a prema Cd u IV klasu - zagađeno tlo.

Dobiveni rezultati pokazuju da se tlo u okolini Željezare mora staviti pod kontrolu i da se moraju preduzeti mjere za kontrolisano korištenje i zaštitu tla. Potrebne su pojačane mjere koje uključuju uobičajene agromelioracijske zahvate i kontrolu izvora emisije. Emisije teških metala moraju se ravnati prema potencijalnom kapacitetu (stepenu osjetljivosti) tla za njihov bezopasan prijem. Stanje kvaliteta tla i okoliša treba uvažavati kod revitalizacije Željezare

radi zaštite zaštite okoliša i zdravlja ljudi. Veoma je značajno da se preduzmu sve neophodne mjere na izvorima emisije teških metala da do kontaminacije tla ne dolazi kako bi se sačuvala njegova plodnost i podobnost za poljoprivrednu proizvodnju. Te mjere imaju i ekološki i ekonomski značaj.

U mnogim evropskim zemljama vodi se posebna briga o bilansu toksičnih metala s ciljem kontrolisanja njihovih tokova kroz komponente okoliša i provođenja zaštitnih mjera. Bilansiranje teških metala i drugih zagađivača u tlu jedini je pouzdan put koji osigurava držanje tih štetnih materija pod kontrolom i održivo korištenje tla za proizvodnju biljne hrane. Sporadična istraživanja u Bosni i Hercegovini pokazuju da je neophodno provoditi monitoring teških metala u tlu i preduzimati određene zaštitne mjere, posebno u industrijsko-urbanim regijama, što je obaveza i po propisima o zaštiti tla i okoliša. Kvalitetno i plodno tlo je osnov za proizvodnju biološki ispravne hrane, koja je uvjet zdrave ishrane ljudi.

4. ZAKLJUČCI

1. Istraživanjem sadržaja i dinamike teških metala u tlu okoline Željezare u Zenici konstatovano je da tlo ima povećan sadržaj teških metala u odnosu na prirodno stanje, što je posljedica njihove antropogene redistribucije za vrijeme rada integralne željezare. Registrovane vrijednosti uglavnom ne prelaze granične norme.
2. Rezultati istraživanja pokazuju da postoji realna mogućnost uključenja teških metala u geobiociklus, kao i u lanac animalne i humane ishrane, posebno na kiselim zemljištima. Zbog toga je potrebno obezbijediti monitoring teških metala u pedosferi i biljkama, preduzeti mjere za kontrolisano korištenje tla za poljoprivrednu proizvodnju i provođenje zaštitnih mjera tla (kalcifikacija, humizacija, fitoremedijacija tla i sl.) radi zaštite zdravlja stanovništva.
3. Agrotehničke mjere, posebno kalcifikacija i humizacija, preporučuju se kao djelotvoran i racionalan postupak za imobilizaciju i recikliranje teških metala u kiselim tlima istraživanog područja kako bi se sačuvala njihova plodnost i podobnost za poljoprivrednu proizvodnju.
4. Veoma je značajno da se kod predstojeće revitalizacije integralne željezare i novih investicionih zahvata predvide i preduzmu sve neophodne mjere za sprečavanje ili ograničavanje emisije teških metala i drugih toksičnih materija u atmosferu radi zaštite tla i drugih komponenti okoliša. Emisije teških metala moraju se ravnati prema potencijalnom kapacitetu tla i okoliša za njihov bezopasan prijem.
5. Veoma značajno područje istraživanja jeste bilansiranje teških metala u tlu, odnosno njihova emisija, adsorpcija i emisija iz tla. Bilansiranje teških metala i drugih zagađivača u tlu predstavlja pouzdanu i efikasnu mjeru za održivo korištenje tla za proizvodnju zdravstveno ispravne hrane, posebno ako se imaju u vidu sinergistički i kumulativni uticaji teških metala na pojedine članove biosfere.

5. LITERATURA

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Omanović, M.: Problemi zaštite okoline u proizvodnji i preradi metala. Dom štampe Zenica, p 35-66, 1991.
- [4] Bašović, M., Burlica, Č., Ivetić, B., Martinović, J., Omanović, M., Radadanović, R., Timotijević, B.: Studija o oštećenju i zagađenosti tla, njegova zaštita i iskorištavanje na području opštine Zenica. Studija. Zavod za agropedologiju Sarajevo, 1986.

- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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
- [9] 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.
- [10] Bašić, F., Kisić, I., Butorac, A.: *Stanje poljoprivrednih tala poslije provedbe postupka sanacije isplačnih jama s projektom rekultivacije*. Studija, Agronom. fak. Sveučilišta u Zagrebu, 1995.
- [11] Bogdanović, D., Ubavić, M., Čuvardić, M.: Effect of different fertilization systems on lead content in a chernozem soil in long-term field trials. Balkan Symposium on Field Crops, Novi Sad. 2, 71-74, 1998.
- [12] Zbirina, N.G., Sadovnikova, L.K.: *Himija teželjnih metallov*. Mbišbeka i molibdena v počvah. Moskovskogo Universiteta, 1985.
- [13] Huang, J.W., Cunningham, S.D.: Lead phytoextraction: Species variation in lead uptake and translocation. *New Phytol.* 134, 75-84, 1996.
- [14] Kabata-Pendias, A., Pendias, H.: *Trace Elements in Soils and plants*. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, 1984.
- [15] Resulović, H.: Uticaj tehnološkog razvoja na procese oštećenja tla, mjere sanacije i zaštite. Zbornik radova sa Stručnog skupa "Zaštita okolice - Tuzla '97", Tuzla, 32-34, 1997.
- [16] Bogdanović, D., Ubavić, M., Hadžić, V.: Heavy metals in soil. Heavy metals in the environment. Research Institute of Field and Vegetable Crops. Novi Sad, Ed. R. Kastori, p 95-152, 1997.
- [17] Bašić, F., Kisić, I., Mesić, M., Butorac, A.: *Studija stanja i projekt rekultivacije tla isplačne jame Okoli-53*, Agronom. fak. Sveučilišta u Zagrebu, 1998.

