

ELABORAT O ZAGAĐENOSTI ZEMLJIŠTA NEORGANSKIM I ORGANSKIM POLUTANTIMA NA PODRUČJU OPĆINE ZENICA



Sarajevo, april 2010. godine

**Bosna i Hercegovina
Federacija Bosne i Hercegovine
Zeničko-Dobojski kanton
OPĆINA ZENICA**

**ELABORAT O ZAGAĐENOSTI ZEMLJIŠTA
NEORGANSKIM I ORGANSKIM POLUTANTIMA NA PODRUČJU
OPĆINE ZENICA**

Autori:

Viši stručni saradnik za monitoring

Ramović Muzafera, dipl. ing. polj.

Viši stručni saradnik za ZIS

Latinović Edina, dipl. ing. polj.

Stručni savjetnik za melioracije tla

Salčinović Ahmedin, dipl. ing. polj.

Stručni savjetnik za pedologiju

Semić Mirza, dipl. Ing.

Stručni savetnik za ZIS

Behlulović Damir, dipl.ing.

Sektor za Laboratorijska istraživanja
Pomoćnik direktora

Mitrović Marina, dipl.ing. hem.

Konsultant:

Pomoćnik direktora
za Pedologiju i melioracije

Trako Ejub, dipl. ing.

Direktor

mr. sci. Esad Bukalo

Sarajevo, april 2010. godine

SADRŽAJ

1. UVOD	3
2. ZNAČAJ I CILJ ISTRAŽIVANJA	3
3. KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA	4
3.1. <i>Klimatske prilike</i>	4
3.2. <i>Geološko-petrografske karakteristike</i>	5
3.3. <i>Topografske osobine lokaliteta</i>	6
4. METOD RADA	6
4.1. <i>Terenska istraživanja</i>	6
4.2. <i>Laboratorijska istraživanja</i>	7
4.3. <i>Obrada podataka</i>	7
5. KONTAMINACIJA TLA TEŠKIM METALIMA (Pb, Cd, Zn, Cr, Hg, Ni, Co, Cr) I ORGANSKIM POLUTANTIMA (PAH)	7
5.1. <i>Teški metali (opšta saznanja)</i>	7
5.2. <i>Policikličniaromatski ugljovodici</i>	10
5.3. <i>Radioaktivnost</i>	11
6. RANIJA ISTRAŽIVANJA KONTAMINACIJE TLA U OPĆINI ZENICA	11
7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVO TUMAČENJE	12
7.1. <i>Pedološke karakteristike istraživanog područja</i>	13
7.2. <i>Kontaminacija tala istraživanog područja</i>	14
7.2.1. <i>Kontaminacija neorganskim (teški metali) i organskim polutantima (PAH)</i>	15
7.2.2. <i>Radioaktivnost na mjestima uzorkovanja</i>	18
8. MJERE SANACIJE KONTAMINIRANIH POVRŠINA	18
8.1. <i>Izbor kultura koje će se uzgajati</i>	19
9. PREPORUKE BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA	19
10. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA	20
11. LITERATURA.....	22

1. UVOD

Na osnovu zahtjeva broj 02-23-14893/09 od 17.02.2010. godine za analizu zemljišta, u cilju utvrđivanja stepena kontaminiranosti tla teškim metalima i organskim zagađivačima u blizini proizvodnih postrojenja kompanije Arcelor Mittal, data je ponuda od strane Federalnog zavoda za agropedologiju (koga zastupa Direktor Esad Bukalo kao Izvršilac). Ponuda je prihvaćena od strane Općine Zenica, koju zastupa Općinski načelnik Husejin Smajlović, kao Naručilac.

Nakon analize zemljišta urađen je Elaborat u kom su navedene poljoprivredne kulture koje se mogu uzgajati na istraživanom području.

Granične vrijednosti teških metala i organskih polutanata su određene prema našoj legislativi, tj. u skladu sa Zakonom o poljoprivrednom zemljištu ("Sl. novine F BiH" br. 52/09) i Pravilnikom o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja ("Sl. novine F BiH" br. 72/09).

2. ZNAČAJ I CILJ ISTRAŽIVANJA

Razvoj tehnologije i industrije doveo je pored nesumnjivog napretka, ali i do ozbiljnih oštećenja eko-sistema. Usljed emisije različitih gasova i čvrstih čestica dolazi do zagađenja tla, vode, biljaka, te potom životinja i ljudi. Ovi uzročnici dovode do hemijskih, fizičkih i bioloških promjena u tlu. Kontaminacija zemljišta takođe utiče i na zagađenje drenažnih i podzemnih voda. Posebno je ugrožen kvalitet poljoprivrednih kultura koje su stalno izložene nepovoljnim uticajima, te dolazi do akumulacije pojedinih toksikanata u biljkama. Posljedice ovih akumulacija se negativno odražavaju na zdravlje ljudi i životinja koji konzumiraju takve poljoprivredne proizvode. Posebnu opasnost čine teški metali porijeklom iz industrijskih postrojenja. Iz toga proizilazi da je neophodno ustanoviti polutante u ekosferi i utvrditi mjere sanacije, kako bi se stvorili i održali normalni uslovi za zdravo življenje.

Osnovni zadatak ovih istraživanja je da se utvrdi stepen kontaminiranosti poljoprivrednog zemljišta teškim metalima i organskim zagađivačima i da se procjene mogućnosti poljoprivredne proizvodnje u mjesnim zajednicama lociranim u neposrednoj blizini kompanije Arcelor Mittal.

Ova istraživanja su sprovedena na nekoliko lokaliteta koji pripadaju mjesnim zajednicama, i to Podbrežje, Tetovo, Pehare, Donja Gračanica i Banlozi.

Ovaj elaborat je namjenski, odnosno težište istraživanja fokusirano je na sadržaj teških metala i organskih zagađivača u tlu. Istraživanjem su obuhvaćeni sljedeći elementi: Olovo (Pb), Kadmij (Cd), Živa (Hg), Cink (Zn), Bakar (Cu), Nikal (Ni), Hrom (Cr), Kobalt (Co) i sadržaj policikličnih aromatskih ugljovodika (PAH).

3. KARAKTERISTIKE PODRUČJA ISTRAŽIVANJA

U ovom poglavlju navedene su neke najvažnije karakteristike faktora koji su imali snažnog uticaja u genezi i evoluciji zemljišta istraživanog područja a to su :

- karakteristike klime
- geološko-petrografske karakteristike

3.1. *Klimatske prilike*

Klima je kompleksni pedogenetski faktor koji direktno utiče na pravac i tok pedogeneze putem količine padavina, temperature, relativne vlage zraka, vjetra, snijega, mraza i ostalih klimatskih elemenata.

Postanak i razvitak tala usko je vezan za klimatske prilike određenog područja. Tako npr. količina i raspored padavina utiču, između ostalog, na trošenje i sudbinu produkata trošenja, na stvaranje sekundarnih minerala gline, stvaranja ili razgradnju humusa, ispiranje i dr.

Temperatura zraka uz padavine jest onaj meteorološki element koji najviše sudjeluje u formiranju klime određenog područja. Razdioba toplinske energije u atmosferi uzrokom je čitavog niza promjena u pritisku zraka, zračnih strujanja, kondenzacije vodene pare u zraku, isparavanja vode iz tla, utiče na vlažnost i temperature tla idr. Osim toga, porastom temperature uz dovoljnu vlažnost tla povećava se intenzitet svih procesa u tlu (fizičkih, hemijskih i bioloških).

Za sagledavanje klimatskih prilika uzeti su podaci sa meteorološke stanice u Zenici.

Zenica (344 m n. v.) / Prosjek

Mjesec	Oborine u mm	Temp. u °C	Kišni faktor po Langu	Oznaka humidnosti
GODIŠNJE	861	9,8	87,9	semihumidna

Podaci meteorološke stanice Zenica pokazuju da na ovom području vlada semihumidna klima sa godišnjom sumom padavina od 861mm i srednjom godišnjom temperaturom od 9,8°C. Najhladniji mjesec je decembar sa -3,1°C, a najtopliji mjesec juli sa 19,7°C. Temperatura od 5°C uzima se kao najniža temperatura za početak vegetacionog perioda i ona se javlja krajem marta, a završava se krajem novembra. To ukazuje na dosta dug vegetacioni period na ovom području. Najviše oborina padne u junu mjesecu (107mm) a najmanje u februaru i oktobru (54mm).

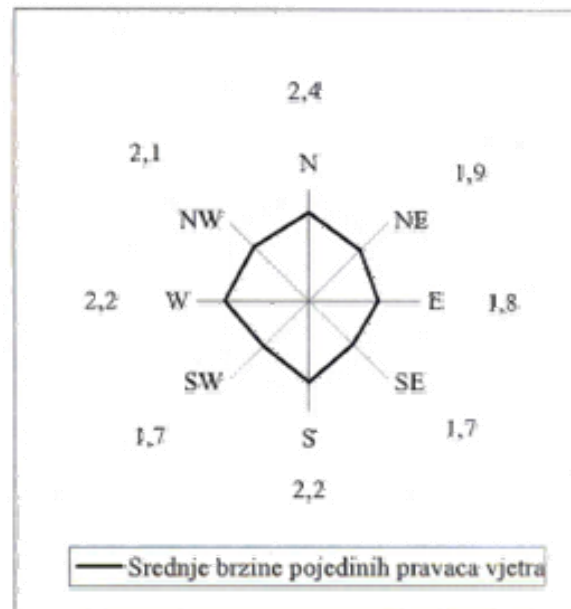
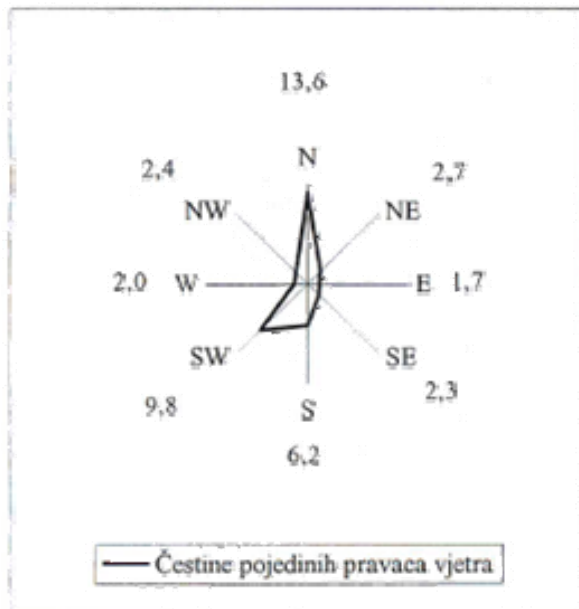
Zaključujemo da na području Zenice vlada umjereno – kontinentalna klima sa umjerenim ljetima i hladnim zimama i sa dovoljno padavina.

Na osnovu podataka o ruži vjetrova u Zenici (Duran i Marić 1990.) evidentno je da su na širem području Zenice, najčešći i najjači vjetrovi iz pravca sjevera sa povremenim pružanjem u pravcu jugozapada. U pojedinim periodima skala može biti i obrnuta, a prema Križanoviću (1983.) na području Zenice najviše dominiraju periodi tišine (59,2%).

Meteorološka stanica Zenica

Pravac vjetra	C	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	SUMA	SRED.
Čestine (w %)	59,2	13,6	2,7	1,7	2,3	6,2	9,8	2,0	2,4	100,0	BRZINA
Srednje brzine (m/s)		2,4	1,9	1,8	1,7	2,2	1,7	2,2	2,1		2,1

C=TIŠINA



Na osnovu podataka da najviše domoniraju periodi tišine za očekivati je da emisija kontaminirajućih čestica padaju gotovo ravnomjerno od centra emisije.

3.2. Geološko-petrografske karakteristike

Geološka građa istraživanog terena, prema geološkoj karti 1:200.000 od F. Katzera je složena. Teren je izgrađen od različitih stijena: eruptivnih, sedimentnih i metamorfnih. Starost zastupljenih stijena je različita. Tu se javljaju formacije razne starosti, počev od najstarijih paleozojskih, zatim mezozojskih i mladih-tercijalnih tvorevina.

Na širem području Tetova, Gradišća, Podbrežja i Banloga na terasi kvartarne starosti izdvojene su holocenske naslage. Dominantno su zastupljene gline sa pjegama grubih šljunkovitih kvarcnih pijesaka. U neposrednoj blizini Tetova pruža se zona tzv. „šarene“ serije sa zastupljenim svim litološkim članovima kao što su: laporovito-glinoviti pjeskoviti sedimenti, ugljeviti škriljci i konglomerati.

Na području Pehare, Ričice i Donje Gračanice determinisan je tercijer predstavljen oligomiocenskim polifacijalnim kompleksom. Na osnovu litoloških razlika i paleontoloških obilježja oligomiocenski polifacijalni kompleks je podijeljen na tri posebne litostratigrafske jedinice. Treća jedinica označena kao „šarena“ serija zastupljena je dominantno na području Pehare. Šarenu seriju litološki predstavljaju najvećim dijelom laporovito-glinoviti-pjeskoviti sedimenti sa slojevima onečišćenog uglja, ugljevitih škriljaca i konglomerata. Oko 70% ove zone izgrađuju gline koje su obično onečišćene raznim primjesama, pa su

pjeskovite, ugljevite ili obiluju raznobojnim konkrecijama. Pješčari su pretežno vezani glinenim cementom, a lapori su obično pjeskoviti. Mjestimično se pojavljuju slojevi prljavih krečnjaka, pjeskovitog habitusa.

3.3. Topografske osobine lokaliteta

Ova istraživanja su provedena na deset lokaliteta, na blago inkliniranom ili gotovo ravnom terenu i uglavnom istočne ekspozicije. Lokacije se nalaze oko izvora zagađenja na udaljenosti od 100-500 m zračne linije i na nadmorskoj visini od 322 do 387 m.

4. METOD RADA

U okviru istraživanja uključena su:

- terenska istraživanja
- laboratorijska istraživanja
- obrada podataka

4.1. Terenska istraživanja

Terenski radovi izvršeni su u mjesecu martu 2010. godine, a izvršili su ih Trako Ejub, dipl.ing., Salčinović Ahmedin, dipl.ing., Semić Mirza dipl. ing. Za vrijeme terenskih radova korištene su topografske karte 1:25 000 i katastarski plan. Prilikom ovih radova najprije je izvršeno rekognosciranje terena. Nakon toga uzeto je deset uzoraka tla za analizu sa dubine od 0-15 cm, a na jednoj lokaciji uzet je i uzorak tla sa dubine 15-30 cm. Na mjestima uzorkovanja izvršeno je mjerenje zračenja terenskim uređajem. Izvršeno je i fotografisanje datih lokaliteta i određivanje geografskih koordinata GPS uređajem.

Uzorci su uzeti uglavnom sa poljoprivrednog zemljišta koje se koristi kao prirodni ili vještački travnjak, izuzev uzorka 1 (0-15 i 15-30 cm) koji je uzet sa oranice.



Sl.1. Mjerenje radijacije i uzorkovanje tla za laboratorijsku analizu

4.2. Laboratorijska istraživanja

U laboratoriji su urađene slijedeće analize:

- reakcija zemljišta, aktivna (pH u H₂O) i supstitucijska (pH u M-KCl-u)
- sadržaj humusa u %
- sadržaj CaCO₃ u %
- sadržaj pristupačnog P₂O₅ i K₂O u %
- sadržaj ukupnog N u %
- sadržaj ukupnih oblika teških metala olova (Pb), kadmija (Cd), žive (Hg), cinka (Zn), bakra (Cu), nikla (Ni), hroma (Cr) i kobalta (Co); sadržaj je izražen u mg/kg
- sadržaj PAH u mg/kg

Laboratorijske analize uzoraka tla izvršene su u laboratoriji ovog Zavoda pod rukovodstvom šefa laboratorije Mitrović Marine, dipl.ing.kem.

4.3. Obrada podataka

Na osnovu provedenih terenskih ispitivanja i opažanja, te laboratoriskih analiza utvrđene su hemijske osobine tla i kontaminiranost tla teškim metalima (Pb, Cd, Zn, Cu, Cr, Ni, Co i Hg) i organskim polutantima (PAH), te predložene mjere sanacije, zaštite i upotrebe zemljišta.

5. KONTAMINACIJA TLA TEŠKIM METALIMA (Pb, Cd, Zn, Cr, Hg, Ni, Co, Cr) I ORGANSKIM POLUTANTIMA (PAH)

5.1. Teški metali (opšta saznanja)

To su jedinjenja Pb, Cd, Zn, Cr, Hg, Ni, Mo, Co, Cu, Mg i drugih elemenata koji nisu teški metali, ali imaju izrazito toksično djelovanje pa se grupišu sa njima.

Koncentracija ovih jedinjenja u njima nepovoljnim uslovima (van minerala zemljišta) je antropološkog porijekla i rezultat su industrijskog zagađenja. Povećane koncentracije se javljaju u industrijskim proizvodima (deterdženti, baterije, aditivi hrane i sl.) ili su rezultat tehnološkog procesa (izgaranje goriva, topionice, galvanizacija i dr.).

Kisela sredina u tlu uzrokuje jonske forme metala u tlu (dakle, vrlo pokretljive). To znači da u kiselim tlima postoji mogućnost kontaminacije biljaka teškim metalima. Kod neutralne ili blago alkalne pH vrijednosti tla (kao što je slučaj na ispitivanim lokalitetima) teški metali prelaze u hidrokside (npr. Zn(OH)⁺ ili Cu(OH)⁺ da bi se povećanjem pH vrijednosti prešli u nerastvorive hidrokside i okside. Znači da se teški metali imobiliziraju u alkalnoj sredini (reakcija tla je odnos H⁺ + OH⁻ jona; pH je negativni logaritam koncentracije H⁺ jona u gram ekvivalentima na litru otopine). Takođe ako je povišen sadržaj karbonata u tlu teški metali se inaktiviraju tj. prelaze u oblik teško pristupačan biljci.

Sadržaj olova (Pb) u uzorcima tla

Općenito se može reći da je prirodni sadržaj olova (Pb) u tlu uglavnom vezan za matični supstrat. Nalazi se u kiselim serijama magmatskih stijena i argilitičnim sedimentima u kojima je uobičajna koncentracija od 10-40mg / kg, ali ga ima i u ultrabazičnim i krečnjačkim stijenama u nešto manjoj koncentraciji. Uglavnom se nalazi kao Pb^{+2} , iako ga ima i u oksidacionom stanju kao Pb^{+4} .

Prema rezultatima istraživanja Norish-a, Riffalbi-a, Tidkall-a, Schritzer-a i Keradorf-a može se zaključiti da se olovo u tlu "udružuje" sa mineralima gline (naročito ilitom) zatim Mn- oksidima, Fe i Al hidroksidna i naročito sa organskom materijom zbog koje je koncentracija olova uglavnom blizu površine tla.

Olovo u tlo, osim prirodnim putem, može doći i antropogenim putem što je slučaj u ovim istraživanjima. Prema rezultatima Hildrebrand-a, Olson-a, Skorber-a, Hensen-a, Zindabl-a, olovo kao polutant, uglavnom dolazi iz raznih industrijskih postrojenja, u mineralnim oblicima (PbS , PbO , $PbSO_4$ i dr. i u izduvnim gasovima automobila u obliku haloidnih soli ($PbBr$, $PbBrCl$, $Pb(OH)Br$, $(PbO)_2PbBr$).

Inače, akumulacija olova u površinskom sloju tla utiče na biološku aktivnost tla (povećana koncentracija olova u tlu smanjuje enzimsku aktivnost mikroba), a kao posljedica toga može biti nepotpuno razlaganje organske materije. Prema rezultatima istraživanja Waytowicz-a, zapažena je značajna akumulacija nitrata u tlima kontaminiranim olovom. Olovo kod čovjeka uzrokuje anemiju, razne digestivne poremećaje, utiče na centralni nervni sistem, izaziva kardiovaskularna oboljenja i dr.

Sadržaj kadmija (Cd) u tlu

Kadmij (Cd) je element sa vrlo toksičnim djelovanjem za biljku, životinje i čovjeka. Ima ga naročito u magmatskim i sedimentnim matičnim supstratima gdje je uglavnom vezan za cink (Zn), ali ima jak afinitet i prema sumporu (S).

U kiseloj sredini je mobilan (puno pokretljiviji od Zn) i lako prelazi u zemljišni rastvor gdje se javlja osim kao jon Cd^{+2} i u vidu kompleksnih jona $CdCl^+$, $CdCl_2^-$ i dr. Pri jakim oksidacionim uslovima kadmij formira minerale kao što su CdO , CdO_3 i dr. akumulira se u fosfatnim i biolitskim depozitima. Istraživanja su pokazala (Tyler, Ferrah, Pickaring i dr.) da je rastvorljivost kadmija u tlu u visokoj zavisnosti od pH vrijednosti tla. Tako Cd adsorbovan u tlu na pH iznad 7,5 i nije lako pokretljiv uglavnom je kao $CdCO_3$ i $Cd_3(PO_4)_2$. Takođe je značajan i koeficijent energije vezivanja kadmija adsorpcijom za organskom materijom i minerale gline u tlu. Kadmij je najpokretljiviji u kiselim tlima gdje je pH od 4,5-5,5 (što nije slučaj sa istraživanim područjem), ali se može desiti i da u alkalnim tlima monovalentni hidroksidi $CdOH^+$ jona ne mogu zauzeti mjesto u kompleksima izmjene katjona što znači da mogu biti mobilni.

Antropogenim uticajem kadmija na tlo dolazi uglavnom iz zraka, iz rudnika olova i cinka, topionica i drugih postrojenja. Kadmij se kod čovjeka akumulira u nekim tkivima, naročito u jetri i bubrezima. Višegodišnji efekti dovode do hipertenzije, raka prostate i pluća.

Sadržaj žive (Hg) u tlu

U prirodi živa se nalazi u različitim hemijskim oblicima i zajedno s metilnim Hg spojevima čine najveću opasnost čovječanstvu. Utvrđeni su različiti nivoi Hg ovisno od medija gdje su izvori ekspozicije za čovjeka, kao i njihov sadržaj koji dovodi do toksičnog rizika. Glavni put apsorpcije žive u čovjeka je preko respiratornog trakta i ishranom. Neprofesionalna ekspozicija se događa najčešće kontaminiranom hranom i preko dentalnog amalgama, dok profesionalna ekspozicija uglavnom uključuje živine pare kao izvor.

Živa je toksična supstanca koja je jednako štetna i ljudima i životinjama. Štetno djeluje na mozak, živčani sustav, bubrege i jetru. Utječe na osjetila opipa, okusa, vida, pa čak i kretanja. Djeca zaražena živom slabije su inteligencije, lošije čuju i slaba im je koordinacija pokreta. Zbog lipofilnosti, organska živa oštećuje sve organe s kojima dođe u kontakt

Sadržaj cinka (Zn) u tlu

Cink (Zn) u tlo dolazi raspadanjem minerala biolita amfibola, piroksena i dr. ili antropogenim putem (što je slučaj na istraživanom području). U prirodnom tlu ga uglavnom ima od 10 do 300 mg/kg tla. U zemljišnom rastvoru (mobilan) se nalazi u obliku rastvorljivih soli $ZnCl_2$, $ZnSO_4$, $Zn(NO_3)_2$ i dr. Njegova mobilnost u direktnoj je zavisnosti od reakcije zemljišta. U kiseloj sredini ispod pH 5,5 je mobilan, a u alkalnoj npr. (krečnim zemljištima) njegova mobilnost naglo opada usljed taloženja u obliku hidroksida ili Ca-acetata. Dakle, u alkalnoj sredini dolazi do adsorpcije Zn-a na karbonate Ca i Mg. Općenito se može reći da je sadržaj Zn-a u tlu promjenjiv i da prvenstveno zavisi od matičnog supstrata, pH, sadržaja organske mase u tlu, $CaCO_3$, teksturnog sastava i dr. Akumulira se u životinjama ali ne i u biljkama.

Sadržaj bakra (Cu) u tlu

Bakar se u tlu nalazi iz primarnih (kao jednovalentan) i sekundarnih (kao dvovalentan) minerala. Prirodna tla imaju od 10 do 200 mg/kg tla bakra. Naročito ga ima u tlima bogatim humusom i crvenicama (Terra rossa) kao i tlima nastalim na škriljcima. Zabarena, zamočvarena i opodzoljena tla, te tla bogata sa krečom su uglavnom siromašna ovim elementom. Kao i naprijed navedeni teški metali, i bakar je mobilan u kiseloj sredini dok se retencija bakra povećava sa povećanjem pH vrijednosti i količinom organske mase u tlu. Dakle, bakar se adsorbira na organskim i mineralnim koloidima. Mineral gline montmorilonit pokazuje najveću sposobnost adsorpcije bakra. Sa organskim jedinjenjima nastalim u tlu, razlaganjem biljnih ostataka, bakar formira kompleksna jedinjenja tipa helata. Povišena koncentracija bakra u tlu djeluje depresivno na porast biljaka, smanjuje klijanje sjemena i antogenistički djeluje na druge mikrolemente.

Općenito se može reći da rastvorljivost (i pokretljivost) bakra u tlu raste sa zakiseljavanjem tla, a smanjuje povećanjem pH vrijednosti (npr. kalcizacijom). Sa fosforom čak i u neutralnim tlima bakar formira teško rastvorljive tercijerne fosfate ($Cu_3(PO_4)_2 \times 3H_2O$). Dakle smanjenje mobilnosti bakra se može postići, osim

povećanjem organske materije i CaCO_3 u tlu (humizacijom i kalcizacijom), i unošenjem fosfornih đubriva u tlo.

Sadržaj nikla (Ni) u tlu

Nikal je dosta rasprostranjen i mineralnoj i organsko formi u tlu. U tlima nastalim na eruptivnim sedimentima ima ga do 50 mg/kg tla, a u tlima nastalim na serpentinu čak i do 600 mg/kg tla. Kao i kod ostalih elemenata i na njegov sadržaj i mobilnost u tlu utiče reakcija tla, organska materija i glina. Količine mobilnog nikla nisu direktno toksične za biljke ako u tlu ima dosta kalcija koje umanjuje toksično djelovanje većih količina nikla.

Sadržaj hroma (Cr) u tlu

Trovalentni hrom se često javlja u prirodi, dok se četvorovalentni hrom javlja vrlo rijetko. Trovalentni hrom je mikronutrijent, a nalazi se u stijenama, tlu, biljkama, životinjama i vulkanskoj prašini i zraku. Hrom je nužan za pravino djelovanje inzulina koji omogućuje ulaz šećera u ćeliju. Koristi se za proizvodnju nehrđajućeg čelika.

Nalazi se u sedimentima. Četvorovalentni hrom izaziva oštećenje sluznice sistema za , gutanjem dolazi do nastanka želučanog čira, oštećenja jetre i bubrega. Četvorovalentni hrom je kancerogen.

Sadržaj kobalta (Co) u tlu

Nalazi se u elementarnom obliku ili u spoju, služi za legure, pomaže sušenje boja i poculanskog emajla... Nalazi se u površinskim vodama, zraku i tlu, a prolazi i u podzemne vode. U tlu se najčešće nalazi kao pratilac željeza, nikla, djelimično bakra i ostalih teških metala. U stijenama se sreće kao mineral kobaltin, CoAsS i smaltin CoAs_{2-3} . Može se naći i kao CoCO_3 . Tla nastala na granitu su siromašna kobalto (1 mg/kg), a sadržaj raste na dioru (1,5), bazaltu (8), gabru (20) i serpentinu (100 mg/kg). Pristupačnost biljkama zavisi od pH, sadržaja kreča, željeza i aluminijske, organske mase, vrste minerala gline i mehaničkog sastava. Kobalt u visokim koncentracijama je veoma toksičan za biljke, a prouzrokuje i nedostatak željeza. Velike udahnute količine izazivaju oštećenje pluća, astmu i upalu pluća. Na životinjama je izazivao nastanak raka ako je nanešen pod kožu ili na mišić.

5.3. Policiklični aromatski ugljikovodici (PAH)

Policiklični aromatski ugljikovodici se sastoje od tri ili više izravno spojena benzenova prstena. Postoji stotine spojeva PAH, ali je najproučavaniji benzo(a)piren. Vrlo slabo se otapaju u vodi, imaju visoko vrelište, razgrađuju se djelovanjem sunčevog svjetla i otporni su u pogledu biorazgradnje. Rasprostranjeni su po cijeloj planeti. Oni nastaju kao nusprodukti, najviše u procesima izgaranja (produkti nekompletnog izgaranja organske materije). Nastaju prilikom pojave vulkana, šumskih požara, u industriji, spaljivanjem

otpada, izgaranjem otpada, pušenjem itd. Čađ i katran sadrže mnoge policiklične aromatske ugljovodonike. Ustanovljena su kancerogena dejstva PAH spojeva.

5.3. Radioaktivnost

Radioaktivno zračenje mijenja strukturu i svojstva materijala kroz koja prolazi. Pri tome je najznačajniji efekat jonizacija. Jonizirajuće zračenje narušava biohemijske procese u ćelijama, što može dovesti do raznih poremećaja u njihovom funkcionisanju i dijeljenju, te konačno do nastanka ozbiljnih oboljenja.

Prirodno gama zračenje za BiH je 0,05-0,15 $\mu\text{Sv/h}$. Limit za ispitivanje 0,20 $\mu\text{Sv/h}$ i temeljen je na dvostrukoj vrijednosti gama zračenja, 2 x 0,10 $\mu\text{Sv/h}$. Na svim lokalitetima izmjerena je vrijednost gama zračenja i njihova vrijednost je izražena u mikrosivertima. Mjerenje radijacije na terenu obavljeno je uređajem Gamma scout.

6. RANIJA ISTRAŽIVANJA KONTAMINACIJE TLA U OPĆINI ZENICA

U prijeratnim godinama na području općine Zenica rađena su mnogobrojna istraživanja sadržaja i dinamike teških metala u tlu. U periodu od 1987. do 1989. godine praćena je dinamika sadržaja teških metala (ukupni i pristupaćni oblik) i sumpora u tlu, zatima u drenažnim vodama i biljkama. Odabrani lokaliteti su bili na različitoj udaljenosti od centra emisije.

Utvrđeno je da je sadržaj olova, cinka, kobalta, nikla, bakra najveći u površinskom sloju, i uglavnom je zabilježeno opadanje koncentracije sa dubinom tla. Sadržaj svih teških metala smanjuje se sa udaljavanjem od centra emisije, te je zagađenje tla bilo najviše izraženo na lokalitetima bližim mjestu emisije (na pr. Tetovo). Zemljište je bilo srednje kontaminirano svim istraživanim elementima i to na svim ispitivanim lokalitetima.

U ovim istraživanjima praćen je i sadržaj teških metala u biljkama (travi, lucerki, pšenici, krompiru, kupusu, šljivi i jabukama) i uglavnom je utvrđen njihov povišen sadržaj koji zavisi od stepena usvajanja pojedinih elemenata od strane svake vrste biljke.

Istraživan je i sadržaj teških elemenata u drenažnim vodama, te je utvrđeno da je sadržaj pojedinih elementa povećan (Ni i Fe).

Može se konstatovati kontinuiranost zagađenja i povećanje vrijednosti zagađenja pojedinim polutantima područja Zenice, oko centra emisije, koje je kao i ranije i dalj aktuelna tema za razmatranje, paćenje i pronalaženje rješenja za smanjenje kontaminacije.

7. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVO TUMAČENJE

Radi determinacije tipova tala zastupljenih na ispitivanim lokacijama i stepena njihove kontaminacije uzeto je 11 pojedinačnih uzoraka (0-15 cm), s tim što je na prvoj lokaciji uzet uzorak sa dvije dubine (0-15 i 15-30 cm). Rezultati analiza su prezentirani u tabeli 1 i 2.

Rezultati ispitivanja

Tabela 1.

Hemijska svojstva	Rezultati						Standard / metoda
Broj uzorka	Uz.1		Uz.2	Uz.3	Uz.4	Uz.5	
Dubina tla u cm.	0-15	15-30	0-15	0-15	0-15	0-15	
pH u H ₂ O	7.86	7.80	7.69	7.31	7.65	7.73	ISO 10390
pH u KCl-u	6.92	6.96	6.96	6.54	6.96	7.00	ISO 10390
Sadržaj CaCO ₃ (u-%)	2.43	4.34	10.03	0.53	5.01	6.70	ISO 10693
Sadržaj humusa (u-%)	3.10	2.80	4.00	4.50	5.00	4.20	Dikromatna, metoda - kolorimetrijski
Ukupni N u (%)	0.05	0.04	0.09	0.07	0.05	0.08	ISO 11261
Pristupačni P ₂ O ₅ (u-%)	2.20	2.70	3.50	1.50	11.30	8.70	AL-metoda
Pristupačni K ₂ O (u-%)	12.50	12.00	15.00	10.00	66.50	8.00	AL-metoda
Elementi u tlu (mg/kg tla)							Standard / metoda
Olovo (Pb)	160.4	186.4	311.7	340.3	345.9	212.1	ISO 11047
Kadmij (Cd)	1.5	1.6	2.3	1.6	2.8	1.9	ISO 11047
Živa (Hg)	0.31	0.32	0.32	0.31	0.32	0.32	ISO 11047
Cink (Zn)	257.0	265.0	371.0	446.0	455.0	362.0	ISO 11047
Bakar (Cu)	42.7	44.8	55.9	62.7	59.2	78.5	ISO 11047
Nikal (Ni)	160.9	163.1	104.3	99.5	136.7	175.0	ISO 11047
Hrom (Cr)	144.8	141.1	48.5	113.3	77.6	73.4	ISO 11047
Kobalt (Co)	39.2	34.1	27.3	29.3	31.6	41.8	ISO 11047
Sadržaj –PAH-ova	nema	nema	nema	nema	0.40	0.39	EPA 8270

Tabela 2.

Hemijska svojstva	Rezultati					Standard / metoda
Broj uzorka	Uz.6	Uz.7	Uz.8	Uz.9	Uz.10	
Dubina tla u cm.	0-15	0-15	0-15	0-15	0-15	
pH u H ₂ O	7.61	7.69	7.70	7.64	7.68	ISO 10390
pH u KCl-u	6.93	7.04	6.97	6.77	7.27	ISO 10390
Sadržaj CaCO ₃ (u-%)	7.83	26.74	27.35	5.50	4.73	ISO 10693
Sadržaj humusa (u-%)	4.00	3.90	4.80	4.30	4.80	Dikromatna metoda - kolorimetrijski
Ukupni N u (%)	0.07	0.09	0.09	0.08	0.07	ISO 11261
Pristupačni P ₂ O ₅ (u-%)	24.70	4.30	2.10	8.20	0.40	AL-metoda
Pristupačni K ₂ O (u-%)	38.00	24.80	47.40	32.80	97.60	AL-metoda
Elementi u tlu (mg/kg tla)						Standard / metoda
Olovo (Pb)	224.6 *	231.3	260.3	203.8	268.8	ISO 11047
Kadmij (Cd)	3.4	3.7	4.5	2.2	2.5	ISO 11047
Cink(Zn)	353.0	266.0	417.0	331.0	365.0	ISO 11047
Bakar(Cu)	62.7	53.4	74.4	67.1	60.3	ISO 11047
Nikal(Ni)	185.1	88.3	182.6	210.9	162.7	ISO 11047
Hrom(Cr)	87.4	28.3	75.4	118.2	48.2	ISO 11047
Kobalt(Co)	40.1	34.4	37.3	43.1	40.1	ISO 11047
Živa(Hg)	0.31	0.27	0.34	0.27	0.28	ISO 11047
Sadržaj -PAH	0.67	nema	0.36	0.25	0.52	EPA 8270

*Sadržaj pojedinih elemenata u tlu čije vrijednosti prelaze granične je označen crvenom bojom

Radioaktivnost

Tabela 3.

Uzorak br.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gama zračenje (μSv/h)	0,18	0,14	0,12	0,18	0,21	0,16	0,20	0,09	0,12	0,15

7.1. Pedološke karakteristike istraživanog područja

Što se tiče samog mjesta istraživanja može se reći da je u mjestu Podbrežje, Tetovo i Banlozima prisutan sljedeći tip tla - **Rendzina i Smeđa tla na laporcima i pješčarima**, dok je u Donjoj Gračanici i Peharima prisutan tip tla - **Rendzina koluvijalna i Smeđa koluvijalna tla na laporima**.

Rendzine i Smeđa tla na laporima i pješčarima

Rendzine se pretežno razvijaju na laporu i laporcu koji su vrlo podložni fizičkom i hemijskom trošenju čime se stvara više gline koja čini osnovnu komponentu u mehaničkom sastavu rendzina. To je razlog da su rendzine na laporima duboka i srednje duboka tla, a na erodiranim površinama dolazi takodje do bržeg obnavljanja tla. Za istraživano područje ove rendzine predstavljaju dobra tla za prirodne i vještačke travnjake, kao i za šumsku vegetaciju. Smeđa tla kao i rendzine uglavnom se razvijaju na laporu i laporovitoj glini, a manje na karbonatnom pješčaru i laporcu. Tlo je pretežno duboko, jer se lapor lakše troši i kao trošinu daje karbonatne gline koje ustvari dominiraju u teksturnom sastavu ovih tala. Prirodna dreniranost im je stoga ponekad dobra do umjereno slaba. Ova tla su dobra za uzgoj oraničnih i ratarskih kultura kao i za voćnjake.

Po mehaničkom sastavu ova tla su u površinskom horizontu najčešće pjeskovito glinovite ilovače do gline, dok su dublji horizonti glinaste ilovače do gline. Povećan sadržaj koloidnih čestica ima znatnog uticaja na hemijske i fizičke osobine tla. Ova tla na istraživanom području su slabo do srednje alkalna zemljišta sa pH u H₂O od 7,31 do 7,86 u površinskom horizontu.

Vrijednosti pH i KCl-u se kreću u površinskom horizontu od 6,54 do 7,04. Sadržaj humusa se kreće od 2,8 do 5,0 % te se može reći da su površinski horizonti srednje obezbijeđeni humusom. Ovi horizonti su umjereno obezbijeđeni azotom i vrijednosti se kreću od 0,04 do 0,09 %. Svi istraživani lokaliteti pokazuju prisustvo karbonata sa kretanjem od 2,43 do 27,35 %. Vrijednosti pristupačnog fosfora su niske i kreću se od 1,5 do 11,3 % izuzev kod uzorka br. 6 gdje je vrijednost 24,70 %. Znatno bolju snabdjevenost ova tla pokazuju u pogledu pristupačnog kalijuma koji se kreće od 8,0 do 66,50 % kod uzorka br. 4.

Rendzine koluvijalne i Smeđa koluvijalna tla na laporcima

Ovo su zemljišta lakšeg mehaničkog sastava od prethodno opisanih ponekad i čitavom dubinom. Sadržaj skeleta se kreće od 5 do 30% i humozna su vrlo često od vrha do dna profila. Struktura zemljišta u donjim horizontima je često poliedrična i slabije izražena, tako da su agregati slijepljeni i kompaktni. Ova zemljišta se manje koriste kao oranice, a više kao prirodne livade. Spadaju u zemljišta osrednje proizvodne sposobnosti i mogu se svrstati u V, a rjeđe u IV kategoriju upotrebne vrijednosti zemljišta.

Po mehaničkom sastavu ova tla su u površinskom horizontu najčešće pjeskovito-glinovite ilovače do gline, dok su dublji horizonti glinaste ilovače do gline. Povećan sadržaj koloidnih čestica ima znatnog uticaja na hemijske i fizičke osobine tla. Ova tla su slabo do srednje alkalna zemljišta sa pH u H₂O 7,64 i 7,68 u površinskom horizontu. Vrijednosti pH i KCl-u su u površinskom horizontu 6,77 i 7,27. Sadržaj humusa je 4,30 i 4,80 % te se može reći da su površinski horizonti vrlo dobro obezbijeđeni humusom. Ovi horizonti su umjereno obezbijeđeni azotom i vrijednosti se kreću od 0,07 do 0,08 %. Na oba lokaliteta gdje su zastupljeni ovi tipovi tla prisutni su karbonati i to u količini 4,73 i 5,50 %. Vrijednosti pristupačnog fosfora su niske i iznose 0,40 i 8,20 %. Snabdjevenost pristupačnim kalijumom je veoma velika i iznosi 32,80 i 97,60 %.

7.2. Kontaminacija tala istraživanog područja

7.2.1. Kontaminacija neorganskim (teški metali: Pb, Cd, Zn, Cu, Ni, Cr, Co i Hg) i organskim polutantima (PAH-pol ciklični aromatski ugljovodici)

Analiza rezultata ispitivanja

UZORAK br. 1 (k.č. 411 K.O. Podbrežje)

Na prvoj lokaciji uzeti su uzorci tla, sa dvije dubine i to sa dubine 0-15 i 15-30 cm. Pošto se radi o oraničnom zemljištu uzorak je uzet sa dvije dubine da bi se ustanovilo da li je prisutno zagađenje i u donjem sloju tla. Ovaj lokalitet se nalazi na 365 m nadmorske visine zapadno od mjesta emisije i istočne je ekspozicije.

Sadržaj olova je 160,4 mg/kg (prva dubina) i 186,4 mg/kg (druga dubina) i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj nikla je 160,9 mg/kg (prva dubina) i 163,1 mg/kg (druga dubina) i iznad je granične vrijednosti 60 mg/kg. Granična vrijednost kroma je 125 mg/kg, a njegov sadržaj je 144,8 mg/kg (prva dubina) i 141,1 mg/kg (druga dubina), te se zaključuje da je uzorak kontaminiran ovim elementom. Sadržaj kadmija, cinka, bakra, žive i kobalta je kod oba uzorka ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH-ova nije registrovan. Iz analiza oba uzorka se može zaključiti da je zagađenje gotovo identično na obje dubine ispitivanja što je bilo i očekivano, s obzirom da se radi o oranici (zemljište je orano na dubini od 25-30 cm).

UZORAK br. 2 (k.č. 157 K.O. Podbrežje)

Uzorak je uzet sa lokacije koja se nalazi na 348 m nadmorske visine. Parcela je po kulturi voćnjak, zapadno je od izvora zagađenja i istočne je ekspozicije.

Sadržaj olova je 311,7 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 2,3 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj nikla je 104,3 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj cinka je 371,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH-ova nije registrovan.

UZORAK br. 3 (k.č. 20 K.O. Podbrežje)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 350 m. Parcela je po kulturi njiva, nalazi se zapadno od centra emisije i istočne je ekspozicije.

Sadržaj olova je 340,3 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj cinka je 446,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 99,5 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj kadmija, bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. PAH jedinjenja nema u ovom uzorku.

UZORAK br. 4 (k.č. 176 K.O. Zenica III)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 345 m. Parcela je po kulturi njiva i uzorak je uzet zapadno od mjesta zagađenja. Ekspozicija ovog lokaliteta je istočna.

Sadržaj olova je 345,9 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 2,8 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj cinka je 455,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 136,7 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH jedinjenja je 0,39 mg/kg i ispod je granične vrijednosti od 2 mg/kg.

UZORAK br. 5 (k.č. 2295 K.O. Gradišće)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 355 m. Parcela je po kulturi livada i nalazi se zapadno od mjesta emisije. Istočne je ekspozicije.

Sadržaj olova je 212,1 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 1,9 mg/kg i vrlo malo je iznad granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj cinka je 362,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 175,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH jedinjenja je 0,39 mg/kg i ispod je granične vrijednosti od 2 mg/kg.

UZORAK br. 6 (k.č. 119 K.O. Zenica III)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 324 m. Parcela je po kulturi bašta i nalazi se zapadno od centra emisije. Istočne je ekspozicije.

Sadržaj olova je 224,6 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 3,4 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj cinka je 353,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 185,1 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH jedinjenja je 0,67 mg/kg i ispod je granične vrijednosti od 2 mg/kg.

UZORAK br. 7 (k.č. 773 K.O. Gradišće)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 325 m. Parcela je po kulturi livada i uzet je zapadno od izvora zagađenja. Istočne je ekspozicije.

Sadržaj olova je 231,3 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 3,7 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj cinka je 266,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 88,3 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. PAH jedinjenja nema u ovom uzorku.

UZORAK br. 8 (k.č. 492 K.O. Gradišće)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 387 m. Parcela je po kulturi livada i nalazi se zapadno od centra emisije. Istočne je ekspozicije.

Sadržaj olova je 260,3 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 4,5 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj cinka je 417,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 182,6 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH jedinjenja je 0,36 mg/kg i ispod je granične vrijednosti od 2 mg/kg.

UZORAK br. 9 (k.č. 1411 K.O. Ričica)

Uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 330 m. Parcela je po kulturi livada, nalazi se istočno od izvora zagađenja i na ravnom terenu.

Sadržaj olova je 203,8 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 2,2 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj cinka je 331,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 210,9 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH jedinjenja je 0,25 mg/kg i ispod je granične vrijednosti od 2 mg/kg.

UZORAK br. 10 (k.č.340 K.O. Ričica)

Uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 322 m. Parcela je po kulturi livada, nalazi se istočno od centra emisije na blago inkliniranom terenu zapadne ekspozicije.

Sadržaj olova je 268,8 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 125 mg/kg. Sadržaj kadmija je 2,5 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 1,87 mg/kg. Sadržaj cinka je 365,0 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 250 mg/kg. Sadržaj nikla je 162,7 mg/kg i iznad je granične vrijednosti od 60 mg/kg. Sadržaj bakra, kroma, žive i kobalta je ispod granične vrijednosti. Sadržaj PAH jedinjenja je 0,52 mg/kg i ispod je granične vrijednosti od 2 mg/kg.

7.2.2. Radioaktivnost na mjestima uzorkovanja

Na mjestima uzimanja uzoraka tla za analizu izvršeno je i mjerenje prisutnog δ -zračenja. Sve vrijednosti su bile u okviru graničnih vrijednosti (do 0,2 $\mu\text{Sv/h}$).

Tabela br.4

Uzorak br.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gama zračenje $\mu\text{Sv/h}$	0,18	0,14	0,12	0,18	0,20	0,16	0,20	0,09	0,12	0,15

8. MJERE SANACIJE KONTAMINIRANIH POVRŠINA

U cilju smanjenja sadržaja teških metala u tlu, a time i u biljkama preporučuju se sljedeće mjere:

- **Fitomelioracija** - za dekontaminaciju tla se mogu koristiti biljke koje mogu ekstrahovati iz tla veće količine pojedinih teških metala u svom nadzemnom dijelu (na pr, kopriva, spinat i sl.). Nejestivi dijelovi ovih biljaka se uklanjaju kosidbom, spaljivanjem i deponovanjem pepela.
- **Tretiranje tla zeolitom** – mineral koji vrši inaktivaciju teških metala i drugih organskih polutanata
- **Kalcizacija** – takođe vrši inaktivaciju neorganskih i organskih polutanata. Ova mjera se sprovodi na kiselim zemljištima. U tlo se unosi odgovarajuća količina krečnog materijala. Za ovu svrhu se može koristiti krečnjak (CaCO_3), dolomit ($\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$) ili živi, odnosno hidratizirani CaO i drugi materijali.

Međutim, pošto je tlo ispitivanog područja alkalne reakcije sa relativno dosta CaCO_3 , organske materije (humusa) i teksturno je dosta teško tlo, to se teški metali uglavnom nalaze u inaktivnom obliku tj. teško prisrstupaćnom biljkama.

Ali ipak smatra se da je potrebno u budućim istraživanjima analizirati i mobilne, biljkama pristupačne oblike teških metala.

8.1. *Izbor kultura koje će se uzgajati (tabela br. 5).*

Utjecaj onečišćenja tla na zdravlje čovjeka ovisi o kulturi koja se proizvodi na kontaminiranom tlu. Biljke imaju različit afinitet prema teškim metalima.

Sposobnost akumulacije teških metala u nekim biljnim vrstama koje se uzgajaju na ispitivanom području Zenice

Tabela br.5

velika	srednja	mala	vrlo mala
salata	kelj	kukuruz	grah
špinat	kupus	brokuli	grašak
mrkva	cikla	karfiol	dinja
	bijela repa	jagoda	paradajz
	rotkvica	celer	paprika
	krompir	kupina	patlidžan
			jabuka

9. PREPORUKE BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA

S obzirom da je i ovim elaboratom utvrđeno da su uzorci tla sa pojedinih lokaliteta kontaminirani određenim neorganskim polutantima, mogu se preporučiti u cilju sagledavanja stanja i potom otklanjanja posljedica zagađivanja životne sredine ovog područja sljedeće mjere:

- Praćenje promjena sadržaja teških metala na različitim udaljenostima od centra emisije
- Utvrditi sadržaj teških elemenata i u pristupačnom obliku
- Praćenje promjena sadržaja teških metala na različitim dubinama
- Izrada karata kontaminacije zemljišta na osnovu stepena zagađenja tla
- Praćenje sadržaja organskih polutanata
- Praćenje sadržaja teških metala u pojedinim poljoprivrednim kulturama koje se uzgajaju blizu centra emisije (korijen, stabljika, plod)
- Praćenje sadržaja polutanata u drenažnim vodama
- Praćenje sadržaja sumpora u tlu i atmosferi zbog njegovog direktnog ili indirektnog uticaja na biljke

Cilj ovih postupaka bi bio da se ukaže na nastale promjene i da se primjene odgovarajuće mjere sanacije zemljišta.

10. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na osnovu terenskih i laboratorijskih istraživanja, te na osnovu kabinetske obrade dobijenih podataka može se zaključiti sljedeće:

- da se istraživano područje, u okolini kompanije Arcelor Mittal nalazi na blago nagnutom i ravnom terenu,
- na nadmorskoj visini od 322 do 387 m.
- Tlo je alkalne reakcije reakcije sa pH vrijednostima u H₂O od 7,31 do 7,86, dok je pH u KCl-u od 6,54 do 7,27
- Tlo je uglavnom srednje humozno; vrijednosti se kreću od 2,8 do 5,0%
- Ukupni N se kreće od 0,04 do 0,09% što ukazuje da je tlo siromašno azotom.
- Pristupačni P₂O₅ se nalazi u intervalu od 1,5 do 11,3%, što znači da je tlo slabo obezbijeđeno fosforom (izuzetak je uzorak br. 6 gde je sadržaj pristupačnog P₂O₅ 24,70% gdje je tlo dobro obezbijeđeno ovim elementom).
- Sadržaj pristupačnog K₂O ukazuje da je tlo kod uzorka 1, 2, 3 i 5 je slabo snabdjeveno K (8,0-15,0%), dok je kod ostalih uzoraka snabdjevenost vrlo dobra.

Kad se govori o kontaminaciji tla uglavnom se koriste dva termina. Pod terminom kontaminacije uglavnom se podrazumjeva sadržaj polutanata u tlu znatno iznad granični vrijednosti. Termin "onečišćenja" tla označava sadržaj nekog polutanta u tlu u količinama koje još ne ugrožavaju egzistenciju ljudi, odnosno produkciju hrane.

Na osnovu rezultata istraživanja ukupnih oblika teških metala (Pb, Cd, Hg, Zn, Cu, Ni, Cr i Co) i PAH-ova (ukupno 11 uzoraka) može se zaključiti da je istraživano područje kontaminirano olovom, kadmijem, cinkom i niklom; nekontaminirano kromom, bakrom, živom i kobaltom. Istraživano tlo nije kontaminirano organskim polutantima (PAH). Takođe, na ispitivanim lokacijama nije registrovana povišena radijacija u trenutku mjerenja.

Sagledavajući naprijed iznesena istraživanja može se doći do zaključka da je zemljište istraživanog područja srednje kontaminirano do kontaminirano olovom, kadmijumom, bakrom, cinkom i niklom, što znači da se vrijednosti kreću u granicama onečišćenog do kontaminiranog tla pojedinim elementima. Potrebno je istaći da naša legislativa odnosno legislativa F BiH prema Zakonu o poljoprivrednom zemljištu („Sl. novine F BiH” br. 52/09) odnosno Uputstvu o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja („Sl. novine F BiH” br. 72/09) tretira zagađenje odnosno kontaminaciju tla teškim metalima sa aspekta uzgoja kulturnih biljaka, odnosno kao poljoprivredno zemljište.

U mnogim evropskim zemljama se pristupilo mnogo detaljnije ovom problemu te su za različite upotrebe zemljišta date i različite granične vrijednosti. Tako su granične vrijednosti za dječija igrališta, rezidencijalna područja, parkove i industrijske zone određena na temelju odnosa tlo – ljudsko zdravlje, a za poljoprivredna zemljišta na temelju odnosa tlo – biljka. Tako su npr. granične vrijednosti u Njemačkoj (B Bod Sch V, 1999) za pojedine teške metale:

granične vrijednosti (mg/kg)				
Element	Dječija igrališta	Rezidencijalna područja	Parkovi i rekreacijska područja	Područja za industrijske i komercijalne svrhe
Olovo	200	400	1000	2000
Kadmij	10,1	20,1	50	60
Nikal	70	140	350	900

U Švedskoj se npr. ocjena izmijenjenih vrijednosti poredi sa koncentracijom koja se ne može preći bez rizika za ljudsko zdravlje ili okoliš.

Tako su granične vrijednosti za Švedsku:

Element	mg/kg
Olovo	80
Kadmij	0,4
Bakar	100
Nikal	35
Cink	350

a procjena trenutnog stanja onečišćenja

Trenutno stanje	Koncentracije u odnosu na graničnu vrijednost
Nije previše opasno	< granične vrijednosti
Umjereno opasno	1 – 3 x granične vrijednosti
Opasno	3 – 10 x granične vrijednosti
Jako opasno	> 10 x granične vrijednosti

Iz tog razloga predlažemo monitoring (stalno praćenje stanja kontaminiranosti) odnosno jednom godišnje izvršiti uzorkovanje i analizu tla istraživanog područja radi utvrđivanja dinamike kretanja polutanata (kontaminanata) u sistemu biljka – tlo – voda i blagovremeno sprečavati nepoželjne posljedice.

11. LITERATURA

- Resulović, H.; Čustović, H.** (2002): Pedologija, Univerzitet Sarajevo
- Resulović, H.; Čustović, H.; Čengiđ, I.** (2008): Sistematika tla/zemljišta
Zavod za agropedologiju, Sarajevo (1986.): Studija o oštećenju i zagađenosti zemljišta, njegova zaštita i iskorištavanje na području opštine Zenica
- Jakšić, Vojna** (1972): Ključ za čitanje i korištenje Pedološke karte BiH i njene dokumentacije u praksi, Zavod za agropedologiju, Sarajevo
- Vrlec, Ž. Golić S.** (1975.): Tumač Pedološke karte M 1:50.000 za list Zenica 1
- Ivetić, B.** (1983): Tumač Pedološke karte M 1:50.000 za list Zenica 3
- Vukadinović, V.** (1993): Ishrana bilja, Sveučilište J.J. Štrosmajer, Poljoprivredni fakultet, Osijek
- Zakon o poljoprivrednom zemljištu** ("Službene novine F BiH", broj 52/09)
- Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metode njihovog ispitivanja** ("Službene novine F BiH", broj 72/09)
- xxxx Osnovna geološka karta Bosne i Hercegovine u mjerilu 1:100.000, odgovarajući listovi
- xxxx Meteorološki podaci-meteorološka stanica Zenica
- xxxx (1994): World Reference Base for Soil Resources, International Society of Soil Science, International Soil Reference and Information Centre, Food and Agriculture organization of the United Nations, Wageningen/Roma