

SADRŽAJ

1. UVOD	2
2. ZNAČAJ I CILJ ISTRAŽIVANJA	2
3. TOPOGRAFSKE OSOBINE LOKALITETA	3
4. METOD RADA	3
4.1. Terenska istraživanja	3
4.2. Laboratorijska istraživanja	3
4.3. Obrada podataka	4
5. LOKACIJE UZORKOVANJA BILJNOG MATERIJALA	4
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVO TUMAČENJE	6
6.1. Sadržaj teških metala (Pb, Cd, Hg, Zn, Co, Cu, Cr i Ni) u biljkama(opšta saznanja)	6
6.1.1. Olovo	7
Sadržaj olova u biljkama	7
6.1.2. Kadmij	10
Sadržaj kadmija u biljkama	10
6.1.3. Živa	12
Sadržaj žive u biljkama	12
6.1.4. Cink	15
Sadržaj cinka u biljkama	15
6.1.5. Kobalt	17
Sadržaj kobalta u biljkama	17
6.1.6. Bakar	19
Sadržaj bakra u biljkama	19
6.1.7. Hrom	22
Sadržaj hroma u biljkama	22
6.1.1. Nikal	24
Sadržaj nikla u biljkama	24
7. RANIJA ISTRAŽIVANJA SADRŽAJA TEŠKIH METALA U BILJKAMA U OPĆINI ZENICA	27
8. MJERE SANACIJE KONTAMINIRANIH POVRŠINA	27
8.1. Fitoremedijacija	27
9. PREPORUKE BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA	28
ZAKLJUČAK	29
LITERATURA	31

1. UVOD

Na osnovu zahtjeva broj 02-23-8825/10 od 11.05.2010. godine upućenog od strane Općine Zenica, koju zastupa Općinski načelnik Husejin Smajlović, kao Naručilac, Federalni zavod za agropedologiju (koga zastupa Direktor Esad Bukalo kao izvršilac) je izvršio istraživanja biljnog materijala tj. utvrđivanje sadržaja teških metala u biljkama.

Istraživanja su izvršena na lokacijama na kojima je u prethodnim istraživanjima ispitivana kontaminacija tla organskim i neorganskim polutantima tj. u području Tetovo, Podbriježje, Gonja Gračanica, Pehare i Banlozi.

Granične vrijednosti teških metala u biljkama su određene prema našoj legislativi, tj. u skladu sa Pravilnikom o maksimalno dozvoljenim količinama za određene kontaminante u hrani ("Sl. novine F BiH" br. 37/09). Za analizu sadržaja pojedinih elemenata u uzorkovanim biljkama za koje ne postoji dovoljno podataka u našim zakonskim dokumentima korištena je naučna literatura.

2. ZNAČAJ I CILJ ISTRAŽIVANJA

Teški metali u tlu mogu poticati od matičnog supstrata, od koga se tlo i obrazuje u procesu pedogeneze. Vrlo često ovih elemenata ima daleko više u zemljištu, iako ih u matičnom supstratu na kome je zemljište formirano nije bilo u tolikom sadržaju, što znači da se i drugi izvori njihovog unošenja u tlo moraju imati u vidu. Industrijska postrojenja zagađuju vazduh teškim metalima, a samim tim zagađenje se prenosi na zemljište i vodu. Takođe u blizini topionica za preradu metala i termoelektrana nerijetko se primećuju oštećenja biljaka. Uticaj industrijskog sektora na životnu sredinu je izuzetno velik obzirom da svaka pojedinačna delatnost u ovom sektoru, ako se ne preduzmu adekvatne mjere zaštite, može da dovede do degradacije i narušavanja kvaliteta svih medija životne sredine (voda, vazduh, zemljište, biljke).

Jedna vrsta materija u prirodi su elementi kojih u zemljištu ima u vrlo malim količinama, pa se iz tog razloga nazivaju elementi u tragovima ili mikroelementi. Neki od njih, u malim količinama učestvuju u ishrani biljaka i nazvani su mikrohranljivi elementi. Teški metali koji se u zemljištu nalaze u tragovima, a nisu neophodni biljkama, u većim količinama mogu biti štetni i opasni za biljke, čojeka i životinje. Sadržaj mineralnih materija u biljkama odražava njihov sadržaj u tlu.

Posljedice za poljoprivredne kulture mogu biti takve da se, kada pređu određene dozvoljene granice, te biljke ne smiju koristiti u prehrani ljudi i životinja. S druge strane, pojedini kontaminanti djeluju veoma nepovoljno na živi svijet tla, kao što su mikroorganizmi i pedofauna, te mogu dovesti do nestanka posebno korisnih mikroorganizama, odnosno do sterilizacije tla. Uništenjem živog svijeta dolazi do pogoršanja vodno-fizičkih karakteristika tla, kao što su kvarenje strukture, pogoršanje vodopropusnosti, zbijenosti i dr. Krajnja posljedica je dobivanje nekvalitetne hrane i smanjenje prinosa poljoprivrednih kultura.

Osnovni zadatak ovih istraživanja je da se utvrdi stepen akumulacije štetnih materija u biljkama i njihova raspodjela u organima, te da se procjene mogućnosti poljoprivredne proizvodnje i ispravnost biljnih kultura u mjesnim zajednicama lociranim u neposrednoj blizini velikih industrijskih postrojenja u Zenici. Ova istraživanja su sprovedena na nekoliko lokaliteta koji pripadaju mjesnim zajednicama, i to Podbrežje, Tetovo, Pehare, Donja Gračanica i Banlozi.

Istraživanjem su obuhvaćeni sljedeći elementi: Olovo (Pb), Kadmij (Cd), Živa (Hg), Cink (Zn), Bakar (Cu), Nikal (Ni), Hrom (Cr) i Kobalt (Co).

3. TOPOGRAFSKE OSOBINE LOKALITETA

Istraživanja su provedena na deset lokaliteta, na blago inkliniranom ili gotovo ravnom terenu i uglavnom istočne su 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 obavljena su:

- terenska istraživanja
- laboratorijska istraživanja
- obrada podataka

4.1. Terenska istraživanja

Terenski radovi izvršeni su u mjesecu julu i avgustu 2010. godine, a izvršili su ih Trako Ejub, dipl.ing., Semić Mirza, dipl.ing., Salčinović Ahmedin, dipl.ing., Latinović Edina, dipl.ing i Ramović Muzafera, dipl.ing. Terenskim radovima je prisustvovao i predstavnik Općine Zenica. Prilikom uzimanja uzoraka vodilo se računa da se uzima odgovarajući dio biljke, o vremenskom terminu uzimanja, o veličini uzorka itd.

Uzeta su ukupno 44 uzoraka biljnog materijala za analizu sa deset lokacija. Izvršeno je i određivanje geografskih koordinata mjesta uzimanja uzoraka GPS uređajem. Uzorci su uzeti uglavnom sa poljoprivrednog zemljišta na kojem se uzgajaju različite kulture. Nakon uzimanja uzorci su odmah dopremljeni u laboratoriju radi daljeg postupka.

4.2. Laboratorijska istraživanja

U laboratoriji su urađene sljedeće analize i utvrđen sadržaj ukupnih oblika teških metala (mg/kg):

- olova (Pb),
- kadmija (Cd),
- žive (Hg),
- cinka (Zn),

- kobalta (Co),
- bakra (Cu),
- hroma (Cr) i
- nikla (Ni);

Sadržaj teških metala (izuzev žive) određuje se metodom atomske adsorpcije AAS (ekstrakcija u zlatotopci).

Sadržaj žive se određuje metodom amalgamizacije. Instrumen je AMA 254.

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 laboratorijskih analiza utvrđen je sadržaj ispitivanih metala i eventualna kontaminiranost biljaka teškim metalima (Pb, Cd, Hg, Zn, Co, Cu, Cr i Ni).

5. LOKACIJE UZORKOVANJA BILJNOG MATERIJALA

LOKACIJA br. 1 (k.č., 411, K.O. Podbrežje)

Ovaj lokalitet se nalazi 365 m nadmorske visine zapadno od mjesta emisije i istočne je ekspozicije. Na ovoj lokaciji uzeta su dva uzorka: uzorak zrna žita (pšenica) i slame.

LOKACIJA br. 2 (k.č. 157, K.O. Podbrežje)

Ova lokacije se nalazi na 348 m nadmorske visine. Uzorkovanje je vezano za određene faze rasta i razvoja biljaka. Parcela je po kulturi voćnjak, zapadno je od izvora zagađenja i istočne je ekspozicije. Uzeti su uzorci lista šljive, kruške i jabuke, te uzorci ploda krastavca, buranije, mrkve, krompira, paradajza, šljive, kruške i jabuke.

LOKACIJA br. 3 (k.č., 20, K.O. Podbrežje)

Ovi uzorci su uzeti na nadmorskoj visini od 350 m. Parcela je po kulturi njiva, nalazi se zapadno od centra emisije i istočne je ekspozicije. Uzeti su uzorci trave, koprive, plodovi buranije, paprike i paradajza (na otvorenom) i uzorci ploda paprike i paradajza iz plastenika.

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

Ovi uzorci su uzeti na nadmorskoj visini od 345 m. Parcela je po kulturi njiva i nalazi se zapadno od mjesta zagađenja. Ekspozicija ovog lokaliteta je istočna. Sa ove parcele su uzeti uzorci lista šljive, kajsije, višnje, salate, blitve i koprive, te uzorci ploda višnje, šljive, kajsije, krastavca i buranije.

LOKACIJA br. 5 (k.č., 2295 K.O. Gradišće)

Ovi uzorci su uzeti na nadmorskoj visini od 355 m. Parcela je po kulturi livada i nalazi se zapadno od mjesta emisije. Istočne je ekspozicije. Na ovoj parceli su uzeti uzorci lista i ploda višnje.

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

Ovi uzorci su uzeti na nadmorskoj visini od 324 m. Parcela je po kulturi bašta i nalazi se zapadno od centra emisije. Istočne je ekspozicije. Na ovoj parceli su uzeti uzorci lista jabuke, te ploda jabuke, kukuruza, krompira, mrkve i tikve.

LOKACIJA br. 7 (k.č., 773 K.O. Gradišće)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 325 m. Parcela je po kulturi livada i nalazi se zapadno od izvora zagađenja. Istočne je ekspozicije. Na ovoj lokaciji uzet je uzorak lucerke.

LOKACIJA br. 8 (k.č. K.O. Ričica)

Ovi uzorci su uzeti na nadmorskoj visini od 387 m. Parcela je po kulturi livada i nalazi se zapadno od centra emisije. Istočne je ekspozicije. Uzeti su uzorci lista šljive, ploda šljive i ploda jabuke.

LOKACIJA br. 9 (k.č. 1411 K.O. Ričica)

Ovaj uzorak je uzet na nadmorskoj visini od 330 m. Parcela je po kulturi livada i nalazi se istočno od izvora zagađenja i na ravnom je terenu. Na njoj je uzet uzorak koprive.

LOKACIJA br. 10 (k.č. 340 K.O. Ričica)

Ovi uzorci su uzeti na nadmorskoj visini od 322 m. Parcela je po kulturi livada i nalazi se istočno od centra emisije na blago inkliniranom terenu zapadne ekspozicije. Uzeti su uzorci lista i ploda kruške.

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA I NJIHOVO TUMAČENJE

U cilju utvrđivanja stepena kontaminacije biljaka uzeta su 44 pojedinačna uzorka biljnog materijala. Sva laboratorijska ispitivanja su rađena u skladu sa standardom ISO 11466 i 11047.

Uzorci slame, trave, koprive, listova šljive, jabuke, kruške i višnje su analizirani u suhom stanju.

Povrtlarske kulture, kukuruz, pšenica, kao i uzorci plodova jabuke, kruške, višnje, šljive, kajsije su analizirani u vlažnom stanju.

6.1.Sadržaj teških metala (Pb, Cd, Hg, Zn, Co, Cu, Cr i Ni) u biljkama (opšta saznanja)

Jedinjenja teških metala 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 van minerala zemljišta je antropološkog porijekla i rezultat su industrijskog zagađenja. Kritične količine mogu dovesti do pogoršavanja zdravlja ljudi, životinja ili biljaka, oštećenja objekata ili strukture na zemljištu, kontaminacije podzemnih ili površinskih voda, kontaminacije biljaka itd.

Usvajanje elemenata od strane biljaka zavisi od fizioloških osobina samih biljaka, uvjeta uzgoja, osobina tla, meteoroloških uvjeta, a posebno od odnosa hraniva. Mobilnost kontaminanata zavisi od njihove vrste i pH vrijednosti zemljišta. Na primjer As i Se su mobilniji u alkalnoj reakciji zemljišta, dok su Hg, Pb, Cd i Zn mobilniji u kiselom zemljištu.



Sl.1. Crne ivice na listovima biljaka pokazuju vjerovatno zagađenje zemljišta teškim metalima

Posljednjih godina sve više pažnje se posvećuje kontaminaciji zemljišta, vode, vazduha a time i hrane teškim metalima. Najopasniji kontaminanti su kadmijum, olovo, bakar i cink. Teški metali u zemljište uglavnom dolaze putem antropogenizacije. Od hemiskih sredstava koja se koriste u biljnoj proizvodnji kao najznačajniji kontaminanti (zagađivači) životne sredine smatraju se mineralna đubriva i pesticidi.

Hraniva potrebna biljkama u najvećoj mjeri su anorganske prirode. Neophodni, esencijalni hranljivi elementi su potrebni tokom životnog ciklusa i njihova funkcija ne može biti zamijenjena drugim elementima. Utvrđena su sljedeća hraniva neophodna za biljke: C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Co(Na, Si, Cl).

S aspekta fiziologije ishrane, podjela hranljivih elemenata na osnovu njihovog sadržaja u biljnom tkivu izgleda ovako:

- makroelementi: C, H, O, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe,
- mikroelementi: Mn, Cu, Zn, Mo, B, Co, Cl, (Ni),
- korisni, beneficijalni elementi: Ni, Na, Si, Al, Se, Li, Ti, V, J, La, Ce,
- nekorisni i toksični elementi: Cr, Cd, Hg, Pb, As itd.

Makro i mikro elementi su u određenim količinama neophodni za život biljaka. Otrovni teški metali za čovjeka su Cd, Pb, Hg, Ni. Njihov sadržaj u organizmu regulira se elementima Se, Cu, Zn i određenim vitaminima.

Kod čovjeka i životinja odstranjivanje štetnih supstanci iz organizma vrši se preko raznih organa, a prvenstveno putem respiratornih organa, pljuvačnih i lojnih žlijezda, putem kože, znoja, urogenitalnih organa i fecesom. Ukoliko je eliminacija manja od resorpcije dolazi do sakupljanja (deponovanja) teških metala u organizmu jer oni imaju kumulativna svojstva.

6.1.1. Olovo

Sadržaj olova (Pb) u biljkama

Općenito se može reći da je prirodni sadržaj olova (Pb) u tlu uglavnom vezan za matični supstrat. Olovo u tlo, osim prirodnim putem, može doći i antropogenim putem što je slučaj i na ispitivanom području. Najveći zagađivači prirode olovom su industrijska postrojenja i motorna vozila. Nakupljanje olova u biljkama zavisi od udaljenosti biljaka od centra emisije, pokrovnosti zemljišta biljkama, dužine trajanja vegetacije, pravca i intenziteta vjetra i dr.

Olovo porijeklom iz industrijskih postrojenja nalazi se u mineralnim oblicima (PbS, PbO, PbSO₄ i dr). Olovo koje potiče iz izduvnih gasova automobila javlja se u obliku haloidnih soli (PbBr, PbBrCl, Pb(OH)Br, (PbO)₂PbBr).

Biljke olovo u neorganskom obliku slabo usvajaju i premeštaju u nadzemne organe, izuzev na kiselim zemljištima. Organska jedinjenja olova, veoma se brzo usvajaju i transportuju u nadzemne djelove biljaka.

Taloženje olova kod većine biljaka intenzivnije je u korjenu u odnosu na nadzemne djelove. Velika moć korjena u akumulaciji olova mogla bi da bude i jedan vid zaštite nadzemnog dela. Olovo u većim koncentracijama inhibira izduživanje korjena i rast listova, inhibira proces fotosinteze, utiče na morfološko-anatomsku građu biljaka itd. Smatra se da pšenica i soja imaju relativno visoku tolerantnost prema olovu. Spinat se ubraja u osjetljive biljke. Kod ove biljne vrste već pri koncentraciji od 10 mg/kg suhe materije, prinos se značajno smanjuje.

Olovo kod čovjeka uzrokuje anemiju, razne digestivne poremećaje, utiče na centralni nervni sistem, izaziva kardiovaskularna oboljenja i dr.

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Olovo (Pb) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	nema
2	Slama	nema
Lokacija 2		
1	List šljive	19,20
2	List kruške	16,40
3	List jabuke	23,30
4	Krastavac	nema
5	Buranija	nema
6	Plod kruške	nema
7	Plod jabuke	nema
8	Paradajz	nema
9	Krompir	nema
10	Šljiva	nema
11	Mrkva	nema
Lokacija 3		
1	Trava	14,70
2	Kopriva	40,70
3	Plastenik (paradajz i paprika)	nema
4	Paprika	nema
5	Paradajz	nema
6	Buranija	nema

Lokacija 4		
1	List višnje	12,90
2	Plod višnje	nema
3	List kajsije	16,80
4	Plod kajsije	nema
5	List šljive	10,60
6	Plod šljive	nema
7	Salata	17,00
8	Blitva	19,20
9	Kopriva	27,30
Lokacija 5		
1	List višnje	11,90
2	Plod višnje	nema
Lokacija 6		
1	List jabuke	29,10
2	Tikva	nema
3	Mrkva	nema
4	Krompir	nema
5	Kukuruz	nema
6	Plod jabuke	nema
Lokacija 7		
1	Lucerka	12,20
Lokacija 8		
1	List šljive	31,80
2	Plod šljive	nema
3	Plod jabuke	nema
Lokacija 9		
1	Kopriva	32,80
Lokacija 10		
1	List kruške	34,60
2	Plod kruške	nema

*Sadržaj pojedinih elemenata u biljkama čije vrijednosti prelaze granične je označen smeđom bojom

Maksimalno dozvoljena količina olova u voću i povrću (izuzev lisnatog i glavičastog povrća) je 0,10 mg/kg vlažne mase. MDK u lisnatom i glavičastom povrću je 0,30 mg/kg VM (Sl. Glasnik BiH 37/09). Upoređujući laboratorijske

rezultate sa MDK vrijednostima može se zaključiti da je sadržaj olova u salati i blitvi na lokaciji 4 je vrlo visok i iznad granične vrijednosti.

Sadržaj olova u plodu kajsije je iznad 0,10 mg/kg VM te se uzorak smatra kontaminiranim.

Sadržaj olova u koprivi na svim lokacijama, a i u listu kruške, jabuke, višnje na lokacijama 5, 6, 8 i 10, te u travi na lokaciji 3 i u uzorku lucerke na lokaciji 7 je iznad 5 mg/kg SM koja se smatra graničnom koncentracijom za biljke (Brauer 1997., Slovenska legislativa 1996.).

6.1.2. Kadmij

Sadržaj kadmija (Cd) u biljkama

Kadmij (Cd) je element sa vrlo toksičnim djelovanjem za biljku, životinje i čovjeka. Cd i Zn su vrlo slični, a pored toga Cd može zamijeniti (imitirati) ponašanje i nekih drugih esencijalnih elemenata u primanju i metabolizmu. Glavni uzrok toksičnosti Cd predstavlja veliki afinitet Cd za tiolne grupe (SH) u enzimima i drugim proteinima. Višak Cd također može poremetiti metabolizam Fe i izazvati hlorozu. U ishrani životinja i ljudi Cd je kumulativni otrov. Remeti metabolizam Ca i P, te uzrokuje bolest kostiju, ali i respiratornih organa i nervnog sistema. Cd se brzo transportira iz tla u biljku. Pristupačnost mu u najvećoj mjeri ovisi o pH, te prisustvu ostalih katjona. Ca i Zn smanjuju primanje Cd, a transport u velikoj mjeri zavisi od koncentracije u okolini. Utvrđeno je da 30-60% kadmijuma, sadržanog u biljkama dolazi direktno iz atmosfere, a 40-60% iz zemljišta. Jedan od načina kojim on dospjeva u zemljište su mineralna đubriva, koja se dobijaju razlaganjem sirovih fosfata mineralnim kiselinama. U korelaciji je sa niklom.

Kod brojnih biljnih vrsta intenzitet transporta kadmijuma u nadzemnim organima je u korelaciji sa njegovom koncentracijom u hranljivoj podlozi. Kadmijum usvojen iz hranljive podloge najvećim dijelom se zadržava u korjenu. Udio ovog elementa u stablu i listovima biljaka je približno isti, ali manji od njegove koncentracije u podzemnom delu biljke.

Neke biljke imaju sposobnost da akumuliraju kadmijum usvojen iz zemlje. U sjemenu žitarica, gajenih na jako kontaminiranim zemljištima, najčešće ne prelazi 1mg/kg suhe materije. Ovaj element najviše se apsorbuje u paradajzu, salati i spinatu. Kod pomenutih vrsta, koncentracija kadmijuma u vegetativnim nadzemnim organima može iznositi i do 160 mg/kg.

Veće koncentracije u biljkama inhibiraju metabolizama željeza, izazivaju hlorozu i time smanjuju intenzitet fotosinteze. Isto tako, visoke koncentracije kadmijuma inhibiraju disanje i transport elektrona u procesu oksidativne fosforizacije. Kadmijum inhibira transpiraciju, kao i pokrete ćelija zatvaračica stominog aparata.

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Kadmij (Cd) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	nema
2	Slama	nema
Lokacija 2		
1	List šljive	nema
2	List kruške	nema
3	List jabuke	nema
4	Krastavac	nema
5	Buranija	nema
6	Plod kruške	nema
7	Plod jabuke	nema
8	Paradajz	nema
9	Krompir	nema
10	Šljiva	nema
11	Mrkva	nema
Lokacija 3		
1	Trava	nema
2	Kopriva	nema
3	Plastenik (paradajz i paprika)	0,60
4	Paprika	nema
5	Paradajz	nema
6	Buranija	nema
Lokacija 4		
1	List višnje	nema
2	Plod višnje	nema
3	List kajsije	0,90
4	Plod kajsije	nema
5	List šljive	nema
6	Plod šljive	nema
7	Salata	1,30
8	Blitva	0,90
9	Kopriva	1,5
Lokacija 5		

1	List višnje	nema
2	Plod višnje	nema
Lokacija 6		
1	List jabuke	nema
2	Tikva	nema
3	Mrkva	nema
4	Krompir	nema
5	Kukuruz	nema
6	Plod jabuke	nema
Lokacija 7		
1	Lucerka	nema
Lokacija 8		
1	List šljive	nema
2	Plod šljive	nema
3	Plod jabuke	nema
Lokacija 9		
1	Kopriva	nema
Lokacija 10		
1	List kruške	nema
2	Plod kruške	nema

*Sadržaj pojedinih elemenata u biljkama čije vrijednosti prelaze granične je označen smeđom bojom

Maksimalno dozvoljena količina za kadmijum u voću i povrću (izuzev lisnatog i korjenastog povrća, krompira) je 0,050 mg/kg vlažne mase. MDK u lisnatom, korjenastom povrću i krompiru je 0,10 mg/kg vm (Sl. Glasnik BiH 37/09). Upoređujući laboratorijske rezultate sa MDK vrijednostima može se zaključiti da je sadržaj kadmijuma u plasteniku na lokaciji 3 i u salati i blitvi na lokaciji 4 iznad granične vrijednosti.

6.1.3. Živa

Sadržaj žive (Hg) u biljkama

U prirodi živa se nalazi u različitim hemijskim oblicima. Sva jedinjenja žive (Hg) su izuzetno toksična za biljke i životinje, a metilni Hg spojevi predstavljaju najveću opasnost. Glavni put apsorpcije žive u čovjeka je preko respiratornog trakta i ishranom.

Fitotoksičnost žive ne predstavlja veći ekološki problem. Koncentracija pri kojoj se uočavaju simptomi viška žive na biljkama znatno je iznad onih koji se u normalnim uslovima nalaze u zemljištu. Sem toga, pristupačnost žive u zemljištu za biljke je obično niska. Smatra se da korjen predstavlja prepreku većem nakupljanju žive u izdanku. Prema ispitivanjima, Beauforda (1970) akumulacija žive u korjenu je dvadeset puta veća nego u izdanku. Koncentracija žive u biljkama kreće se u prosjeku od 10 do 200 ng/g suhe materije, a u blizini nalazišta žive od 500 do 3.500 ng/g. Kod žita, koncentracija žive je od 3 do 10 puta niža u zrnu nego u slami. U zrnu ječma i pšenice, koncentracija žive se kreće oko 1 do 2 ng/g suve materije. Živa narušava građu biomembrana i mijenja aktivnost enzima čime narušava razmjenu materija i inhibira rast i razviće biljaka.

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Živa (Hg) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	nema
2	Slama	nema
Lokacija 2		
1	List šljive	nema
2	List kruške	nema
3	List jabuke	nema
4	Krastavac	nema
5	Buranija	nema
6	Plod kruške	nema
7	Plod jabuke	nema
8	Paradajz	nema
9	Krompir	nema
10	Šljiva	nema
11	Mrkva	nema
Lokacija 3		
1	Trava	nema
2	Kopriva	nema
3	Plastenik (paradajz i paprika)	nema
4	Paprika	nema
5	Paradajz	nema
6	Buranija	nema
Lokacija 4		

1	List višnje	nema
2	Plod višnje	nema
3	List kajsije	nema
4	Plod kajsije	nema
5	List šljive	nema
6	Plod šljive	nema
7	Salata	nema
8	Blitva	nema
9	Kopriva	nema
Lokacija 5		
1	List višnje	nema
2	Plod višnje	nema
Lokacija 6		
1	List jabuke	nema
2	Tikva	nema
3	Mrkva	nema
4	Krompir	nema
5	Kukuruz	nema
6	Plod jabuke	nema
Lokacija 7		
1	Plod kajsije	nema
Lokacija 8		
1	List šljive	nema
2	Plod šljive	nema
3	Plod jabuke	nema
Lokacija 9		
1	Kopriva	nema
Lokacija 10		
1	List kruške	nema
2	Plod kruške	nema

Prisustvo žive nije konstatovano ni u jednom uzorku.

6.1.4. Cink

Sadržaj cinka (Zn) u biljkama

Cink spada u grupu elemenata čija je pokretljivost u biljkama osrednja. Njegovo premještanje iz starijih u mlađe organe naročito je sporo kod nedovoljne obezbeđenosti cinkom. U slučaju kada je njegova koncentracija u spoljašnjoj sredini visoka, taloži se u korjenu. Koncentracija cinka u suhoj materiji biljaka kreće se u prosjeku 15 do 150 mg/kg, najčešće 20 do 50 mg/kg. Kod usvajanja cinka antagonistički djeluje veće prisustvo magnezija ili kalcija. Kod većeg sadržaja fosfora u tlu usvajanje cinka je smanjeno.

Cink se ubraja u umjereno toksične metale. Njegova toksičnost za biljke manja je od bakra. Znaci velike koncentracije cinka kod biljaka najčešće se javljaju na kiselim tresetnim zemljištima, na zemljištima koja su nastala iz matičnog supstrata bogatog cinkom, kao i u okolini rudnika i topionica cinka. Vidljivi simptomi viška ovog elementa javljaju se kada njegova koncentracija u suhoj materiji prelazi 300 mg/kg. U ovim slučajevima, kod biljaka dolazi do nižeg rasta, smanjenja korjenovog sistema, obrazovanja sitnih listova i crvenkastomrke pjege na lišću i dr.

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Cink (Zn) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	34,28
2	Slama	36,90
Lokacija 2		
1	List šljive	83,30
2	List kruške	108,20
3	List jabuke	88,70
4	Krastavac	4,18
5	Buranija	4,69
6	Plod kruške	0,47
7	Plod jabuke	0,29
8	Paradajz	0,26
9	Krompir	1,63
10	Šljiva	0,30
11	Mrkva	0,58
Lokacija 3		
1	Trava	67,50

2	Kopriva	108,30
3	Plastenik (paradajz i paprika)	2,35
4	Paprika	0,32
5	Paradajz	0,11
6	Buranija	1,18
Lokacija 4		
1	List višnje	61,20
2	Plod višnje	1,61
3	List kajsije	68,60
4	Plod kajsije	4,06
5	List šljive	71,80
6	Plod šljive	2,66
7	Salata	5,15
8	Blitva	8,64
9	Kopriva	585,0
Lokacija 5		
1	List višnje	54,40
2	Plod višnje	1,14
Lokacija 6		
1	List jabuke	99,20
2	Tikva	0,33
3	Mrkva	0,94
4	Krompir	2,26
5	Kukuruz	13,44
6	Plod jabuke	0,10
Lokacija 7		
1	Lucerka	76,10
Lokacija 8		
1	List šljive	64,70
2	Plod šljive	0,55
3	Plod jabuke	0,38
Lokacija 9		
1	Kopriva	89,10
Lokacija 10		
1	List kruške	64,70
2	Plod kruške	0,79

*Sadržaj pojedinih elemenata u biljkama čije vrijednosti prelaze granične je označen smeđom bojom

Granične vrijednosti optimalnih sadržaja mikroelemenata u listovima ispitivanih voćarskih kultura (jabuka, kruška, kajsija, višnja i šljiva) su za cink 15-50 mg/kg SM (Bergmann). Dobijene vrijednosti analize ukazuju da je sadržaj cinka kod svih uzoraka lista iznad granične vrijednosti.

Prema slovenskoj legislativi i prema podacima u knjizi prof. Brauera (Univerzitet, Berlin) normalne vrijednosti sadržaja cinka u biljkama se kreću od 15-150 mg/kg suhe materije. Kritične vrijednosti su iznad 150 mg/kg SM. Samo u uzorku koprive na lokaciji 4. je sadržaj cinka veoma visok (iznad granične vrijednosti).

6.1.5. Kobalt

Sadržaj kobalta (Co) u biljkama

Pristupačnost ovog elementa biljkama zavisi od pH, sadržaja kreča, željeza i aluminija, organske mase, vrste minerala gline i mehaničkog sastava tla. Povećanjem pH vrijednosti smanjuje se sadržaj pristupačnog kobalta u tlu. Ukoliko se utjecajem kalcizacije pH vrijednost promijeni od 5,8 do 7,2, tada se može smanjiti sadržaj pristupačnog oblika za 50%. Kobalt u visokim koncentracijama je veoma toksičan za biljke, a prouzrokuje i nedostatak željeza. Većina biljaka zahtijeva koncentracije u rastvoru tla do 0,1 mg Co/kg. Normalan sadržaj u biljkama se kreće od 0,01-0,5 mg/kg SM. Povišene vrijednosti su od 0,5-10 mg/kg, a koncentracija iznad 10 mg/kg je kritična za biljke (Brauer 1999.).

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Kobalt (Co) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	nema
2	Slama	nema
Lokacija 2		
1	List šljive	nema
2	List kruške	nema
3	List jabuke	nema
4	Krastavac	nema
5	Buranija	nema

6	Plod kruške	nema
7	Plod jabuke	nema
8	Paradajz	nema
9	Krompir	nema
10	Šljiva	nema
11	Mrkva	nema
Lokacija 3		
1	Trava	nema
2	Kopriva	5,30
3	Plastenik (paradajz i paprika)	nema
4	Paprika	nema
5	Paradajz	0,06
6	Buranija	0,10
Lokacija 4		
1	List višnje	nema
2	Plod višnje	nema
3	List kajsije	nema
4	Plod kajsije	nema
5	List šljive	nema
6	Plod šljive	nema
7	Salata	nema
8	Blitva	0,22
9	Kopriva	4,70
Lokacija 5		
1	List višnje	nema
2	Plod višnje	nema
Lokacija 6		
1	List jabuke	nema
2	Tikva	nema
3	Mrkva	nema
4	Krompir	0,19
5	Kukuruz	nema
6	Plod jabuke	nema
Lokacija 7		
1	Lucerka	nema
Lokacija 8		
1	List šljive	nema
2	Plod šljive	nema
3	Plod jabuke	0,14

Lokacija 9		
1	Kopriva	5,40
Lokacija 10		
1	List kruške	nema
2	Plod kruške	0,12

*Sadržaj pojedinih elemenata u biljkama čije vrijednosti prelaze granične je označen smeđom bojom

U uzorcima koprive na lokaciji 3, 4 i 9 sadržaj kobalta je iznad granične vrijednosti. Uzorci se smatraju srednje kontaminiranim.

6.1.6. Bakar

Sadržaj bakra (Cu) u biljkama

Povišena koncentracija bakra u tlu djeluje depresivno na porast biljaka, smanjuje klijanje sjemena i antagonistički djeluje na druge mikroelemente. Općenito se može reći da rastvorljivost (i pokretljivost) bakra u tlu raste sa zakiseljavanjem tla, a smanjuje povećanjem pH vrijednosti (npr. kalcizacijom). Pokretljivost bakra u biljkama je osrednja. Ascendentni transport u velikoj mjeri zavisi od stepena obezbeđenosti biljaka ovim elementom. Ako ga nema dovoljno, premeštanje iz korjena u nadzemne organe, kao i iz starijih listova u mlade, neznatno je. Koncentracija bakra u biljkama kreće se od 3 do 15 mg/kg u suhoj materiji. Ukoliko je njegov udio u suhoj materiji lista manji od 4 mg/kg, smatra se da biljke nisu u dovoljnoj mjeri obezbeđene. Sadržaj preko 15 mg/kg ukazuje na veliku koncentraciju ovog elementa. Osetljivost biljnih vrsta na njegov nedostatak je različita. U izrazito osetljive biljke ubrajaju se ovas, pšenica, ozimi i jari ječam, lucerka, duhan, spinat. Tipični znaci nedostatka bakra su venjenje, uvijanje listova, odumiranje mladih listova, nekroza, hloroza, smanjenje porasta i prinosa i dr.

Do toksičnog dejstva ovog elementa dolazi ako je njegov ukupan sadržaj u zemljištu od 25 do 40 mg/kg i ako je pri tome pH vrijednost zemljišta ispod 5,5 (što nije slučaj na ispitanim lokacijama). Može se reći da se velika količina bakra javlja u kiselim zemljištima. Bakru, kao ekološkom činiocu, treba pokloniti odgovarajuću pažnju imajući u vidu ne samo potrebe biljaka i životinja za ovim elementom, već i činjenicu da je u većim koncentracijama veoma toksičan.

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Bakar (Cu) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	nema
2	Slama	5,0
Lokacija 2		
1	List šljive	17,00
2	List kruške	18,10
3	List jabuke	18,00
4	Krastavac	0,41
5	Buranija	0,91
6	Plod kruške	0,19
7	Plod jabuke	0,13
8	Paradajz	0,04
9	Krompir	0,51
10	Šljiva	0,07
11	Mrkva	0,14
Lokacija 3		
1	Trava	17,70
2	Kopriva	23,30
3	Plastenik (paradajz i paprika)	0,69
4	Paprika	0,13
5	Paradajz	0,03
6	Buranija	0,22
Lokacija 4		
1	List višnje	12,20
2	Plod višnje	1,23
3	List kajsije	14,40
4	Plod kajsije	2,41
5	List šljive	15,70
6	Plod šljive	1,55
7	Salata	1,26
8	Blitva	2,99
9	Kopriva	27,20
Lokacija 5		

1	List višnje	15,10
2	Plod višnje	0,39
Lokacija 6		
1	List jabuke	14,40
2	Tikva	0,05
3	Mrkva	0,18
4	Krompir	0,42
5	Kukuruz	0,99
6	Plod jabuke	0,08
Lokacija 7		
1	Lucerka	20,80
Lokacija 8		
1	List šljive	15,00
2	Plod šljive	0,15
3	Plod jabuke	0,07
Lokacija 9		
1	Kopriva	29,90
Lokacija 10		
1	List kruške	17,30
2	Plod kruške	0,10

*Sadržaj pojedinih elemenata u biljkama čije vrijednosti prelaze granične je označen smeđom bojom

Optimalan sadržaj bakra u listovima ispitivanih voćarskih kultura (jabuka, kruška, kajsija, višnja i šljiva) je 5-12 mg/kg SM (Bergmann). Dobijene vrijednosti folijarne analize ukazuju da je sadržaj bakra u lišću ispitanih voćarskih kultura iznad graničnih vrijednosti, odnosno iznad 12 mg/kg.

Prema slovenskoj legislativi i prema podacima u knjizi prof. Brauera (Univerzitet, Berlin) normalne vrijednosti sadržaja bakra u biljkama se kreću od 3-15 mg/kg suhe materije. Kritične vrijednosti su iznad 15 mg/kg SM. U uzorku koprive na lokaciji 3, 4 i 9 sadržaj bakra je iznad kritičnog. Također i u uzorku trave (lokacija 3) i uzorku lucerke sadržaj bakra je iznad granične vrijednosti.

6.1.7. Hrom

Sadržaj hroma (Cr) u biljkama

Koncentracija za biljke pristupačnog hroma u većini zemljišta je niska, čime se može objasniti njegov mali udio u biljkama. Koncentracija hroma u suhoj materiji biljaka u prosjeku se kreće od 0,1 do 1 mg/kg. Biljke koje uspevaju na serpentinskim zemljištima mogu da sadrže i do 100 mg/kg (Brooks, 1987).

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Hrom (Cr) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	nema
2	Slama	nema
Lokacija 2		
1	List šljive	nema
2	List kruške	nema
3	List jabuke	nema
4	Krastavac	nema
5	Buranija	nema
6	Plod kruške	0,70
7	Plod jabuke	0,89
8	Paradajz	0,30
9	Krompir	1,28
10	Šljiva	0,76
11	Mrkva	0,70
Lokacija 3		
1	Trava	nema
2	Kopriva	nema
3	Plastenik (paradajz i paprika)	nema
4	Paprika	0,77
5	Paradajz	0,32
6	Buranija	0,86
Lokacija 4		
1	List višnje	nema

2	Plod višnje	nema
3	List kajsije	nema
4	Plod kajsije	nema
5	List šljive	nema
6	Plod šljive	nema
7	Salata	nema
8	Blitva	nema
9	Kopriva	nema
Lokacija 5		
1	List višnje	nema
2	Plod višnje	nema
Lokacija 6		
1	List jabuke	nema
2	Tikva	0,85
3	Mrkva	1,12
4	Krompir	1,65
5	Kukuruz	9,13
6	Plod jabuke	1,66
Lokacija 7		
1	Lucerka	nema
Lokacija 8		
1	List šljive	nema
2	Plod šljive	1,72
3	Plod jabuke	1,79
Lokacija 9		
1	Kopriva	nema
Lokacija 10		
1	List kruške	nema
2	Plod kruške	1,92

*Sadržaj pojedinih elemenata u biljkama čije vrijednosti prelaze granične je označen smeđom bojom

Prema slovenskoj legislativi i prema podacima u knjizi prof. Brauera (Univerzitet, Berlin) normalne vrijednosti sadržaja hroma u biljkama se kreću od < 0,1-1 mg/kg suhe materije. Kritične vrijednosti su iznad 1 mg/kg SM. U uzorku krompira (lokacija 2), uzorku mrkve, krompira i kukuruza i plodu jabuke (lokacija 6), plodu šljive i jabuke (lokacija 8) i u plodu kruške (lokacija 10) sadržaj hroma je iznad kritičnog.

6.1.8. Nikal

Sadržaj nikla (Ni) u biljkama

Nikal brzo gradi helate i može zamijeniti ostale fiziološki veoma važne teške metale. Visoka koncentracija Ni u otopini tla reducira primanje velikog broja hraniva. Sadržaj u biljkama je najčešće 0,1 - 5 mg/kg Ni. Ako u tlu ima dosta kalcija (što je slučaj na ispitanim lokacijama) veće količine mobilnog nikla nisu direktno toksične za biljke.

Prosječan sadržaj nikla u biljkama iznosi od 0,1 do 5 mg/kg suhe materije. Tolerantan sadržaj se kreće između 5-20 mg/kg suhe materije, dok je sadržaj iznad te vrijednosti kritičan za razvoj biljke. Lišće obično ima najveći sadržaj nikla, mlađi dijelovi imaju veći sadržaj od starijih, a sjeme veći sadržaj od slame. Nikal, za razliku od olova i kadmijuma, ima dobru pokretljivost, kako u ksilemu tako i u floemu i u značajnoj količini se nakuplja u plodovima i sjemenu. Uočeno je da višak nikla izaziva hlorozu koja podseća na hlorozu izazvanu nedostatkom željeza. Nikal nepovoljno utiče ne samo na pokretljivost, odnosno translokaciju željeza, već i na samo njegovo usvajanje. Postoje, međutim, neke biljke iz porodice štitarki (Alyssum-kamenita trava), koje za normalan rast i razviće zahtijevaju nikal.

Rezultati ispitivanja

Broj uzorka	Biljna kultura	Nikal (Ni) u biljnom materijalu (mg/kg)
Lokacija 1		
1	Žito (zrno)	1,83
2	Slama	nema
Lokacija 2		
1	List šljive	11,40
2	List kruške	17,20
3	List jabuke	21,40
4	Krastavac	1,56
5	Buranija	1,89
6	Plod kruške	nema
7	Plod jabuke	nema
8	Paradajz	nema
9	Krompir	0,33
10	Šljiva	nema
11	Mrkva	0,17
Lokacija 3		

1	Trava	13,10
2	Kopriva	29,00
3	Plastenik (paradajz i paprika)	1,75
4	Paprika	0,23
5	Paradajz	0,05
6	Buranija	0,27
Lokacija 4		
1	List višnje	9,80
2	Plod višnje	1,44
3	List kajsije	9,30
4	Plod kajsije	2,11
5	List šljive	6,40
6	Plod šljive	1,47
7	Salata	0,53
8	Blitva	0,91
9	Kopriva	18,70
Lokacija 5		
1	List višnje	11,20
2	Plod višnje	1,23
Lokacija 6		
1	List jabuke	15,50
2	Tikva	0,14
3	Mrkva	0,23
4	Krompir	0,51
5	Kukuruz	1,94
6	Plod jabuke	0,31
Lokacija 7		
1	Lucerka	13,90
Lokacija 8		
1	List šljive	9,30
2	Plod šljive	0,34
3	Plod jabuke	0,42
Lokacija 9		
1	Kopriva	30,20
Lokacija 10		
1	List kruške	13,60
2	Plod kruške	0,30

*Sadržaj pojedinih elemenata u biljkama čije vrijednosti prelaze kritične je označen smeđom bojom

Prema slovenskoj legislativi i prema podacima u knjizi prof. Brauera (Univerzitet, Berlin) normalne vrijednosti sadržaja nikla u biljkama se kreću od 0,1-5 mg/kg suhe materije. U uzorcima lišća, trave, koprive i lucerke sadržaj nikla je iznad granične vrijednosti, te se uzorci smatraju kontaminiranim.

7. RANIJA I SADAŠNJA ISTRAŽIVANJA SADRŽAJA TEŠKIH METALA U BILJKAMA U OPĆINI ZENICA

U ranijim istraživanjima, u periodu od 1987. do 1989. godine praćena je dinamika sadržaja teških metala u biljkama (lucerka, prirodne trave, pšenica, krompir, list i plod šljive i jabuke). Odabrani lokaliteti su bili na različitoj udaljenosti od centra emisije. Uglavnom je utvrđen visok sadržaj istraživanih teških metala kod većine kultura. Utvrđena je razlika u stepenu usvajanja pojedinih elemenata od strane svake vrste biljke.

U prirodnim livadama je sadržaj olova, kadmija, cinka i kobalta iznad dozvoljenih vrijednosti, te se ova kultura smatra kontaminiranom. Kod lucerke je zabilježen visok sadržaj olova, kadmija, cinka, kobalta, bakra i nikla te se lucerka smatra kontaminiranom. Sadržaj olova, kadmija, bakra i nikla je iznad granične vrijednosti, dok je u krompiru jedino sadržaj cinka povišen. U lišću jabuke i šljive konstatovane su kritične do toksične koncentracije teških metala.

U sadašnjim istraživanjima je konstatovano da dolazi do velike akumulacije olova u koprivi, travi, listu kruške, jabuke, šljive, višnje, kajsije, salati, blitvi i u plodu kajsije. Također i sadržaj kadmija, cinka, bakra, nikla, kobalta i hroma je kod nekih ispitanih kultura iznad dozvoljenih koncentracija.

Može se konstatovati kontinuiranost zagađenja područja Zenice (oko centra emisije) pojedinim polutantima. Ovakvo stanje je kao i ranije problem i aktuelna tema za razmatranje. Neohodno je dalje praćenje i pronalaženje rješenja za ovaj problem.

8. MJERE SANACIJE KONTAMINIRANIH POVRŠINA

Osnovna podjela načina čišćenja kontaminiranog tla je:

- ex-situ tj. izmještanje kontaminiranog tla na odlagališta
- in-situ je tretman bez pomicanja tla

Tehnike čišćenja tla:

- hemijske
- fizičke
- biološke

Zajedničke odlike ovih tehnika su da nepovratno utiču na osobine tla, uništavaju biološku raznovrsnost, tlo postaje neupotrebljivo za uzgoj biljaka i skupe su.

Najprihvatljivija tehnika dekontaminacije tla je Fitoremedijacija - korištenje biljaka u uklanjanju, prijenosu, stabilizaciji i degradaciji onečišćivača iz tla.

8.1. Fitoremedijacija

Globalno zagađenje, do kojeg je dovelo konstantno zagađivanje okoliša bez prevelikog razmišljanja o posljedicama, potaklo je mnoge stručnjake iz područja prirodnih znanosti na traženje što efikasnijeg rješenja čišćenja okoliša.

Procesi u biljkama, uslovljeni prisustvom zagađujućih materija u posmatranoj sredini, ukazuju na veliki potencijal čišćenja preko biljaka. Takve biljke su nazvane fitoremedijatori. Pomoću biljaka fitoremedijatora, koje imaju sposobnost da akumuliraju metale i radionuklide u nadzemni dio izdanka, ostvaruje se mogućnost dekontaminacije zemljišta i tehnogenih supstrata. Poslije korištenja zelenih biljaka za čišćenje terena, dekontaminirano zemljište može biti korišteno za poljoprivredu.

Fitoremedijacija uspješno djeluje na:

- smanjenju rizika od teških metala iz zemljišta
- smanjenju rizika za vodene resurse
- smanjenju rizika za zdravlje ljudi

Biljke korištene u ovim postupcima se nakon žetve uništavaju, najčešće spaljivanjem, te se njihov pepeo odlaže na posebna odlagališta. Ovako dobiven pepeo je zanimljiv i vrijedan resurs iz kojeg bi se mogli ponovo iskoristiti metali. Na postupcima ekstrahiranja metala iz pepela spaljenih biljaka danas se vrše istraživanja.

Dobri fitoremedijatori su biljne vrste koje mogu podnijeti visoku koncentraciju navedenih zagađivača, te su u mogućnosti nakupljati veliku količinu istih. Najviše ih je među kupusnjačama (Brassicaceae).

Neke od biljaka fitoremedijatora su: suncokret (*Helianthus annuus*), slak (*Ipomea triloba*), crna rotkva (*Brassica nigra*), repa (*Raphanus sativus*), muštarda (*Brassica juncea*), uljana repica (*Brassica napus*), kopriva (*Urtica dioica*) i dr.



Sl.2. *Brassicae napus*



Sl.3. *Ipomea triloba*

Kao što svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke, tako je i s fitoremedijacijom. Prednost je, kao prvo, činjenica da je to najmanje štetna metoda zbog korištenja prirodnih organizama i minimalnog uznemiravanja okoliša. Nadalje, cijena je manja nego kod nekih tradicionalnih načina čišćenja tla. Motrenje biljaka je lako, a postoji i mogućnost ponovnog iskorištavanja metala. Nedostaci ove metode su u njezinoj ograničenosti na površinski sloj, odnosno dubina čišćenja zavisi od dubine korijena biljaka, većina biljaka je selektivna za određeni metal, rast im je često usporen, proizvode relativno malo biomase, najčešće se mogu koristiti samo u njihovim prirodnim staništima. Također, fitoremedijacija je dugogodišnji proces. Prisutni su problemi sa ispiranjem zagađivača u podzemne vode, što nije u potpunosti moguće spriječiti, kao i mogućnost dolaska životinja u kontakt s fitoremedijatorom, te time i ulazak zagađivača u hranidbeni lanac.

Alternativa je razvoj transgenih biljaka s poboljšanim svojstvima unosa metala, akumulacije i tolerancije.

Primjena fitoremedijacije se može ubrzati dodavanjem helatnih agenasa. Na primjer dodavanjem helatnih agenasa: limunske kiseline i EDTA (Etilendiamintetraoctena kiselina), akumulacija olova se povećava nekoliko desetina puta.

9. PREPORUKE BUDUĆIH ISTRAŽIVANJA

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

- Neophodno je kontinuirano uvođenje systemske kontrole i praćenje sadržaja teških metala u tlu na svim lokacijama gdje su uočeni problemi sa povećanim koncentracijama opasnih i štetnih materija (Monitoring).

- Kontinuirano praćenje sadržaja teških metala u pojedinim poljoprivrednim kulturama koje se uzgajaju na ugroženom zemljištu, kao i praćenje deponovanja kontaminanata u pojedinim dijelovima biljaka (korijen, stabljika, plod) (Monitoring biljnih kultura)
- Eventualna izrada planova remedijacije na osnovu stepena zagađenja tla.

Cilj systemske kontrole je ispitivanje zemljišta, obrada podataka, formiranje i dopunjavanje baze podataka o stepenu, kao i vrsti prisutnih polutanata u tlu i biljkama. Dobiveni rezultati mogli bi se komparirati i vrednovati. Također, uz primjenu odgovarajućih mjera sanacije kontaminirano zemljište bi se moglo eventualno koristiti za poljoprivrednu proizvodnju

O metodama i postupcima trebalo bi da se donesu odgovarajući programski ciljni dokumenti na nivou Opštine kao i mjere kojima se postavljeni ciljevi podržavaju. Dugoročnost ovih ciljeva, kontinuiranost i složenost izvođenja mjera, zahtevaju ozbiljno uključivanje svih institucionalnih i individualnih snaga društva.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja ukupnih oblika teških metala (Pb, Cd, Hg, Zn, Cu, Ni, Cr i Co) kod ukupno 44 uzorka biljnog materijala može se konstatovati:

Kontaminacija olovom

Sagledavajući rezultate zaključujemo da se olovo akumulira najviše u listovima voća (jabuka, šljiva, kruška, višnja, kajsija). Uzorci salate i blitve su kontaminirani olovom, što ukazuje da ih ne treba uzgajati na ovom prostoru. Također, kopriva je akumulirala veliku količinu teških metala što opravdava preporuke o njenom korištenju kao biljke-fitoremedijatora.

Kontaminacija kadmijem

Uzorci salate i blitve su kontaminirani kadmijem, što ukazuje da ove kulture ne treba uzgajati na ovom prostoru.

Kontaminacija živom

Rezultati analize uzoraka biljnog materijala ukazuju da biljke na ovom području nisu kontaminirane živom.

Kontaminacija kobaltom

Laboratorijski rezultati su ukazali na visok sadržaj ovog elementa jedino u uzorcima koprive.

Kontaminacija bakrom i cinkom

Ova dva teška metala se u najvećoj mjeri akumuliraju u listovima voća (jabuka, šljiva, kruška, višnja, kajsija). Također, kopriva je akumulirala veliku količinu teških metala što opravdava preporuke o njenom korištenju kao biljke- fitoremedijatora.

Kontaminacija hromom

Laboratorijski rezultati su ukazali na visok sadržaj ovog elementa u krompiru i u plodovima voća.

Kontaminacija niklom

Ovaj metal se u najvećoj mjeri akumulira u listovima voća (jabuka, šljiva, kruška, višnja, kajsija). Također, kopriva je akumulirala veliku količinu ovog metala što opravdava preporuke o njenom korištenju kao biljke- fitoremedijatora.

- Rezultati ukazuju da treba izbjegavati gajenje nekih kultura na udaljenosti od centra emisije najmanje u prečniku od cca 2 km.
- Izboru kultura koje će se uzgajati na ovom području mora se posveti izuzetno velika pažnja. Pojedine biljke imaju različit afinitet prema teškim metalima što se vidi i u narednoj tabeli. Mogu se koristiti i preporuke iz ove tabele.

Sposobnost akumulacije teških metala u nekim biljnim vrstama

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

- Rezultati naših ispitivanja u skladu su sa preporukama datim u tabeli, što nam ukazuje da pri izboru kultura možemo se oslanjati na tabelu.

11. LITERATURA

Zavod za agropedologiju, Sarajevo (1986.): Studija o oštećenju i zagađenosti zemljišta, njegova zaštita i iskorištavanje na području opštine Zenica

Vukadinović, V. (1993): Ishrana bilja, Sveučilište J.J. Štrosmajer, Poljoprivredni fakultet, Osijek

Čivić, Šaćiragić, Elezi (2004): Agrohemija sa ishranom biljaka, Sarajevo

Šaćiragić, Bahrija (2005): Agrohemija, Sarajevo

Ubavi, i ost.(2001): Ishrana voćaka, Novi sad

Bergmann (1976): Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse, Jena

Pravilnik o metodama uzorkovanja i analize za službenu kontrolu količine olova, kadmija, žive, anorganskog kalaja u hrani ("Službeni glasnik BiH", broj 50/04)