

UNIVERZITET "DŽEMAL BIJEDIĆ" Mostar
AGROMEDITERANSKI FAKULTET

PROJEKAT

**„SANACIJA PLAVLJENOG ZEMLJIŠTA SLIVA RIJEKE BOSNE
POSTUPKOM FITOREMEDIJACIJE“**



MOSTAR, 2017/18 GODINE

SADRŽAJ

UVOD.....	3
CILJ PROJEKTA.....	7
OČEKIVANI REZULTATI PROJEKTA.....	9
USKLAĐENOST PROJEKTA SA STRATEGIJAMA, POLITIKAMA I PROGRAMIMA.....	11
PLANIRANE AKTIVNOSTI I NAČIN PROVOĐENJA.....	12
ODREĐIVANJE LOKALITETA ISTRAŽIVANJA.....	15
UZIMANJE UZORAKA TLA I BILJAKA.....	18
DINAMIKA REALIZACIJE PROJEKTA.....	20
REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	21
ZAKLJUČAK.....	38

U V O D

Ekološki problemi izazvani katastrofalnim poplavama u FBiH 2014 godine na područjima: Zenica, Maglaj, Žepče, Odžak i Orašje nisu zanemarljivi, niti bezazleni i stvaraju obavezu sanacije plavljenog i onečišćenog zemljišta teškim metalima i drugim kontaminantima, koji se javljaju u iznadgraničnim vrijednostima u zemljištu i poljoprivrednim proizvodima. Plavljenjem, velike površine zemljišta su apsorbivale sve one negativne elemente koje je čovjek brojnim zahvatima u okruženju stalno umnožavao: razne otpadne materijale i otrovne supstance, kao što su hemijska sredstva, pesticidi, vještačka gnojiva, produkti nekontrolisanog odlaganja komunalnog otpada, industrijski otpad i dr. Veliki dio ovih kontaminanata, prije svega teških metala, nalaze se na određenim plavljenim površinama sliva rijeka Bosne. Teški metali predstavljaju ozbilne zagađivače životne sredine, te je njihova toksičnost na plavljenim površinama sliva rijeke Bosne rastući problem zbog ekoloških, evolucijskih, prehrambenih i razloga očuvanja životne sredine. Problem plavljenih površina navedenog područja je što se koncentracija teških metala i dalje kumulativno povećava kao posljedica ubrzane industrijske aktivnosti, i drugih nekontrolisanih antropogenih utjecaja, pa su zbog svoje toksičnosti, biodostupnosti, mobilnosti i perzistentnosti, teški metali danas postali najveći ekološki problem plavljenih zemljišnih područja.

Katastrofalne poplave u periodu sredine maja 2014. koje su se desile nakon padavina koje su prevazišle rekord zadnjih 120 godina nanijele su ogromne štete objektima, infrastrukturi, poljoprivredi i svim drugim privrednim djelatnostima. Samo u periodu od 48 sati (13-14. maja 2014.) palo je u području koje tretira ovaj program oko 150 l/m². Iz korita su se izlile rijeke, pored ostalih rijeka: Sava Bosna, Spreča i dr. i poplavile veća urbana i ruralna područja.

Uzgoj kultura u opusu biljne proizvodnje nakon poplave, zavisi od uticaja koji je poplava imala na poljoprivredno zemljište a one uglavnom imaju vrlo negativan efekat na zemljište. Neki od negativnih efekata bili su: taloženje mulja, deponovanje štuta i pijeska, drveća i ostalog otpada na plodnom zemljištu, erozija poljoprivrednog zemljišta (gubitak oraničnog sloja, odnošenje dijela zemljišta), gubitak hranjivih sastojaka u zemljištu (što utiče na plodnost) koji su potrebni za biljnu proizvodnju i zdravstveno ispravan proizvod. Oblici destrukcije zemljišta usljed poplave svakako su deponovanje organskih i neorganskih materija, prije svega teških metala i pojava klizišta. Rezultat svega uglavnom je devastacija obradivog zemljišta. Dakle, dosada sporadično utvrđeno prisustvo prekograničnih vrijednosti teških metala u plavljenom zemljištu sliva rijeke Bosne i biljnom materijalu je prirodnog ali u većoj mjeri antropogenog aspekta.

Za iskorištavanje maksimalnog potencijala tla potrebno je primjeniti odgovarajuće mjere kojima bi se postiglo uklanjanje ograničenja za uspješan uzgoj biljaka.

Plodnost je sposobnost tla koje ga čini pogodnim supstratom za uzgoj biljaka ili to je sposobnost tla da osigura biljkama (u svim fazama rasta i razvoja) dovoljno hraniva, vode,

zraka i toplote. Biljna hraniva moraju se nalaziti u povoljnom omjeru (uravnotežena ishrana). Hraniva se svake godine iznose iz tla prinosima (žetvom ili berbom), te je neophodno permanentno pratiti njihov promet. U užem smislu, treba pratiti dinamiku tri osnovna makro hraniva (NPK), a po potrebi i ostala makro i mikro hraniva.

Utvrđivanje stepena plodnosti tla vrši se raznim fizičkim, hemijskim i biološkim analizama. Na osnovu tih analiza pristupa se preporukama u cilju poboljšanja plodnosti tla.

Gnojidba predstavlja jedan od najvažnijih faktora u poboljšanju i očuvanju plodnosti tla. Njome se uklanja prirodni nedostatak biogenih elemenata u tlu i vraća prinosima odnijeta hraniva. Također, gnojdbom se uzgajanim biljkama osiguravaju hraniva, povećava nivo humusa i obezbjeđuje dugotrajna plodnost tla. Pravilna i uravnotežena gnojidba (optimalna količina, vrsta gnojiva i vrijeme primjene) veoma je bitna kako sa aspekta postizanja stabilnih prinosa tako i sa aspekta kvaliteta istih.

Mnoge tvari koje dopijevaju u tlo mogu biti opasne za mikroorganizme, biljke, životinje ali i za ljude. Ovakvo opterećenje tla može djelovati dvostruko.

Štetne tvari se mogu raspoređivati po čvrstim sastojcima tla ili u njegovoj otopini. Prirodne i sintetske organske tvari u tlu se pretežno razgrađuju mikrobiološki i hemijski, rijetko fotohemijski. Ako je unos tvari, čak i teško razgrađivih, veći nego njihovo iznošenje ispiranjem, razgradnjom ili ubiranjem dolazi do pojave gomilanja u tlu. Opterećenja štetnim tvarima mogu se povećati u toj mjeri da mogu trajno ugrožavati prirodne tokove tla. Osim toga mnoge tvari usvajaju biljke i mogu se određenim uvjetima u velikoj mjeri nagomilati, tako da štetne tvari preko prehrambenog lanca mogu pouzrokovati oštećenja kako kod životinja tako i kod ljudi. Opterećenja tla mogu nastupiti na razne načine.

Prisustvo zagađivača u tlu ima ozbiljne posljedice za različita područja ljudskih potreba i djelatnosti, kao što su korištenje tla u poljoprivredi, izgradnji, obezbjeđenju pitkom vodom, urbano i ruralno planiranje te upravljanje prirodnim izvorima. Unos teških metala i drugih polutanata na nekim plavljenim poljoprivrednim površinama sliva rijeka Bosne (istraživanja Federalnog zavoda za agropedologiju) prešli su dozvoljene granične vrijednosti, te takvo zemljište počinje predstavljati zdravstveni rizik. Teški metali se ubrajaju u najrasprostranjenije zagađivače zemljišta, voda i šire životne sredine. Njihova toksičnost je sve značajniji problem, u ekološkom, nutritivnom i evolucionom aspektu. Problem nagomilavanja teških metala u zemljištu do sada je rješavan skupim, abrazivnim, hemijskim i fizičkim metodama, koje zbog nedostatka univerzalne kemikalije koja bi se koristila za sve metale nisu bile dovoljno efikasne, lako primjenjive i isplative. Hemijski i fizički tretmani tla uzrokuju ireverzibilne promjene tla, uništavaju biološku raznolikost tla, ali uspješne su u vraćanju gotovo svih uloga tla, osim za poljoprivrednu upotrebu, tj. ulogu tla kao supstrata za uzgoj primarnog poljoprivrednog proizvoda. Ove metode remedijacije, uz navedeno, pokazale su se i vrlo skupima. Zbog toga se javlja težnja za razvojem novih, manje skupih tehnologija kojima bi se mogla povratiti proizvodna uloga tla.

Posljednjih godina, sve se više pažnja posvećuje primjeni bioloških, manje opstruktivnih tehnologija iz domena nove naučne discipline tzv. fitoremedijacije. Fitoremedijacija koristi biljke koje imaju sposobnost akumulacije i detoksifikacije teških metala ili organskih polutanata sa ciljem da obnove i očiste zagađena tla, translocirajući zagađivače u svoje podzemne i nadzemne dijelove. Nakon poplava u svijetu i neposrednom okruženju (Hrvatska i Srbija) fitoremedijacija zemljišta kontaminiranih organskim i neorganskim komponentama, nije samo predmet javnog i naučnog interesa, već se i primjenjuje u široj proizvodnoj praksi.

Određen broj biljnih vrsta efikasno akumulira teške metale (hiperakumulatori), pa se ove vrste preporučuju za fitoremedijaciju. Brzorastuće biljne vrste koje produkuju veliku biomasu, čak i na siromašnim zemljištima, imaju potencijal za korištenje u fitoremedijaciji. Biljne vrste se značajno razlikuju po sposobnosti nakupljanja i distribucije teških metala. Teški metali inhibiraju aktivnost velikog broja enzima, remete metabolizam biljke utičući na fotosintezu, disanje, dostupnost i usvajanje esencijalnih mineralnih elemenata kao i druge brojne fiziološke procese.

Vodene bujice koje sa sobom nose otpadne materije industrijskih postrojenja, te otpad iz različitih deponija koji sadrži teške metale i neorganske komponente, uzrokuju mnogobrojne fizičke, hemijske i biološke promjene u zemljištu. Ove promjene vezane su za uticaj toksičnosti teških metala na stanje životne sredine. Toksičnost teških metala u iznadgraničnim vrijednostima uništava živi svijet zemljišta, prekida biološke tokove a posebno ugrožava one organizme koji djeluju na organske materije i pretvaraju ih u mineralne supstance neophodne za proces fotosinteze (bakterije, gljive, gliste i dr.). Karakter i stepen ovih izmjena, zavisi uglavnom od nivoa sadržaja i oblika teških metala u zemljištu i sedimentu. Pored značajnih razlika u sposobnosti akumulacije i distribucije teških metala, stepen tolerancije na prisustvo teških metala u zemljištu varira od vrste do vrste. Primjena biljaka u remedijaciji kontaminiranih zemljišta i voda, spada u ekološki opravdane metode i uglavnom se koristi u sanaciji plavljenih površina tla.

Upravo zbog problema izazvanih plavljenjem većih poljoprivrednih površina sliva rijeka Bosne i prisustva teških metala u prekograničnim vrijednostima, fokus naših istraživanja bio bi na pronalaženju biljaka koje mogu da usvajaju, distribuiraju i akumuliraju teške metale u podzemni i nadzemni dio biljke. Primjenom rezultata istraživanja sanirali bi plavljene površine zemljišta opterećene prekograničnim vrijednostima.

Sanacija zemljišta može da traje dugo i da zahtijeva angažiranje znatnih novčanih sredstava. U slučaju velikih posjeda, sanaciju tla neophodno je provesti metodom FITOREMEDIJACIJE (metoda se do sada nije primjenjivala na ovim prostorima a razlog su nedovoljna saznanja za navedenu mjeru).

Na pojedinim plavljenim lokalitetima u startu nakon poplava Federalni zavod za agropedologiju je predložio zabranu za daljnje korištenje zemljišta, gdje je utvrđena

kontaminacija živom i arsenom dok se ne provedu dodatna istraživanja. Na žalost, takve preporuke nisu se poštovale od strane poljoprivrednih proizvođača, što otvara sumnju upitnosti u zdravstvenu ispravnost takvih proizvoda. U svakom slučaju, ovaj Izvještaj daje istražene i relevantne smjernice i metode za kratkoročnu i dugoročnu sanaciju plavljenog zemljišta.

NAPOMENA: Projektni prijedlog usvojen na sjednici Kolegija Rektorata nakon prezentiranja zapisnika i odluka sa sjednice NNV-a Agromediteranskog fakulteta

CILJ PROJEKTA

Ciljevi projekta „SANACIJA PLAVLJENOG ZEMLJIŠTA SLIVA RIJEKE BOSNE POSTUPKOM FITOREMEDIJACIJE“ su:

- Za područje plavljenih površina sliva rijeke Bosne (Zenica, Maglaj, Žepče, Odžak i Orašje) utvrditi prekograničnu vrijednost kontaminanata (teških metala), istražiti i primjeniti adekvatan model fitoremedijacije (sjetvu biljnih vrsta koje dekontaminiraju - saniraju zemljište);
- Istražiti i sačiniti prikaz prostorne distribucije prekogranične vrijednosti teških metala (kadmija - Cd; Olova - Pb; Kobalta - Co; Cinka - Zn i Žive - Hg);
- Utvrditi adekvatne biljne vrste, potencijalne fitoremedijante, kojima bi se saniralo kontaminirano zemljište.

U kontekstu Projektnog zadatka, opći cilj projekta bio je ispitivanje mogućnosti sanacije zemljišta postupkom fitoremedijacije i prijedlog mjera za biljnu proizvodnju nakon plavljenja poljoprivrednih površina u općinama sliva rijeke Bosne.

Realiziranjem projekta (ovim Izvještajem) ostvaruju se slijedeći pojedinačni ciljevi:

- * Jasno je utvrđena dinamika i agrotehnika proizvodnje određenih biljnih vrsta plavljenih zemljišnih, površina na markiranom području sliva rijeke Bosne,
- * Jasno su definirane mjere i metode sanacije kontaminiranog zemljišta,
- * Određeni su prioriteti biljne proizvodnje po područjima pojedinih plavljenih općina,
- * Definirane su preporuke za dugoročni monitoring zemljištem,
- * Predložene su preporuke za preventivno djelovanje u cilju sprječavanja plavljenja poljoprivrednih zemljišta.

Tokom uvodne faze Programa detaljno je sagledan Programski zadatak kao i činjenice povezane sa realiziranjem ovoga programa. Ekspertni tim za realizaciju ovog programa došli su do zaključka da se aktivnosti planirane programskim zadatkom mogu realizirati kako je to ciljem i metodikom predviđeno.

U ovom Programu istraživale su se mogućnosti i sposobnosti usvajanja teških metala od strane biljaka - fitoremedijatora koje imaju sposobnost akumuliranja i iznošenja teških metala i drugih kontaminanata iz zemljišta i stvaranje uvjeta za vraćanje plodnosti zemljišta. Programskom koncepcijom i realizacijom ciljeva (istraživanjima i laboratorijskim

analizama) došli smo do rezultata da teški metali kao posljedica poplava mogu biti usvajani od strane biljaka ili pretvoreni u nerastvorne oblike, čime bi se u primjeni (široj proizvodnoj preaksi) koncentracija teških metala i dostupnost smanjivala u zemljištu tokom njihovog uzgoja.

Istraživanja u ovom radu dokazuju da se postupkom fitoremedijacije mogu ostvariti generalni ciljevi:

- * Pобољшanje fizičko hemijskih osobina plavljenih zemljišta sliva rijeke Bosne,
- * Fitoremedijacijom ukloniti teške metale i druge kontaminante iz zemljišta.

Ovim istraživanjem na pet eksperimentalnih poligona utvrđeno je prisustvo i koncentracija teških metala na plavljenim tlima sliva rijeke Bosne i prezentiran prikaz njihove prostorne distribucije obzirom na tip tla kojeg karakteriše njegov mehanički sastav, pH vrijednost, sadržaj organske materije i sl.

Na bazi sadašnjih (dostupnih) podataka u pogledu stepena zagađenosti tala teškim metalima plavljenih površina (uzorkovanja su obavljena na dubini od 25 cm.) predložili smo fitoremedijante (biljnu vrstu) koja je odabrana kako ne bi bila invazivna. Biljke fitoremedijatore smo izabrali prema njihovoj sposobnosti izdvajanja toksina iz okoliša, prilagođenosti na lokalne klimatske prilike, veliku proizvodnju zelene mase, dubini do koje korijen prodire, kompatibilnosti sa vrstom tla koje će se sanirati, brzini rasta, jednostavnosti sadnje i održavanja te sposobnosti da upije velike količine vode i kontaminanta (teške metale). Dakle, u implementaciji ovog Programa utvrđeno je stanje u pogledu sadržaja i biodostupnosti pojedinih teških metala, plavljenih zemljišta na području sliva rijeke Bosne u mjestima: lokalitet Eksperimentalnog poligona Federalnog zavoda za poljoprivredu neposredno uz rijeku Tilavu i lokalitet u neposrednoj blizini Bosne u Ilijašu. Pored obavljenih analiza zemljišta i uvida u trenutno stanje zagađenosti plavljenih površina teških metalima i utvrđenih i definiranih optimalnih modela fitoremedijacije, predloženi su i optimalni postupci koje je potrebno poduzeti, prvenstveno sa aspekta uspostave monitoringa istraživanih tala, kao i najbolje svjetske prakse iz oblasti održivog upravljanja zemljišnim resursima, koja je jedna od najaktuelnijih tema iz oblasti poljoprivrede i okoliša.

Na svih pet eksperimentalnih poligona utvrđena je iznadgranična vrijednost teških metala. Određena je biljna vrsta - fitoremedijant koja dobro raste na zagađenom području i ima sposobnost da akumulira i razgrađuje onečišćivače u tlu i podzemnim vodama, izlučuje materije koje pospješuju umnožavanje mikroorganizama tla i sadrži fermente koji učestvuju u početnoj transformaciji onečišćivača i posjeduje veliku otpornost na onečišćivače, tj. oni ne utječu na biljni rast i metabolizam biljaka čiji sistem korijenja duboko prodire u tlo. Korijenje biljke ili cijepa onečišćivača u tlu, ili ga mijenja i skladišti u izdanku i lišću biljke i može se adaptirati na različite klimatske uvjete. Dakle, biljke kao fitoremedijatori odabrane su na principu da se jednostavno uzgajaju, koriste velike količine vode transformišu onečišćivače u netoksične ili manje toksične produkte.

Nakon postizanja određene biomase predviđeno je da se biljke uklanjaju (košnjom) sklanjaju i spaljuju.

OČEKIVANI REZULTATI PROJEKTA

Cilj istraživanja bio je definisati koje ispitivane biljne vrste i koji njihovi biljni organi akumuliraju ispitivane teške metale iz zemljišta i u kojoj mjeri.

Zadatak istraživanja bio je odabrati pet lokaliteta poplavljenih površina kako bi osigurala reprezentativnost slivnih područja i onečišćenje tla.

Pretpostavke su bile da biljne vrste (kopriva, špinat, facelija, heljda i spelta) pokazuju različitu sposobnost akumulacije i translokacije teških metala (Pb, Cd, Co i Zn) u podzemne i nadzemne dijelove biljaka.

Bilo je za očekivati da će dobijeni rezultati omogućiti izbor biljnih vrsta koje će biti dobro adaptirane na stres izazvan djelovanjem jona teških metala (Pb, Cd, Co i Zn).

Najvažniji očekivani rezultati Projekta su:

- Definisane fizičke i hemijske osobine tla,
- Utvrđeno prisustvo i prostorna distribucija teških metala u tlu,
- Utvrđena akumulacija teških metala u korijenu i nadzemnom dijelu biljnih vrsta koje su u Projektu,
- Na temelju analiza najvećih akumulacija teških metala u ispitivanim biljkama definisane biljke hiperakumulatori za pojedine teške metale i ustanovljen njihov omjer u podzemnom (korijenu) i nadzemnom dijelu biljke,
- Za širu proizvodnu praksu definisane biljne vrste pogodne za sanaciju zemljišta opterećenih prekograničnim vrijednostima različitih teških metala,
- Predložene mjere tehničkih uslova za vršenja periodičnog monitoringa sadržaja teških metala u zemljištu i gajenim biljkama koje se dominantno koriste za ljudsku i stočnu ishranu,
- Primjena odgovarajućih mjera za uzgoj određenih biljnih vrsta, kao što su mjere popravljanja adsorpcionog kompleksa i hranidbenih vrijednosti zemljišta, te izbor vrsta koje se mogu uzgajati na osjetljivim (kontaminiranim) zemljištima i edukacija stanovništva o provođenju tih mjera,

- Ostvarene pretpostavke za izradu plana i realizaciju mjera remedijacije kontaminiranog zemljišta postupkom fitoremedijacije,
- Rezultati istraživanja dali bi osnovu za provedbu monitoringa zemljišta koji podrazumijeva praćenje fizičkih, hemijskih, bioloških, organskih i neorganskih polutanata i ostalih parametara.

USKLAĐENOST PROJEKTA SA STRATEGIJAMA, POLITIKAMA I PROGRAMIMA

Projekat je namijenjen za različita područja ljudskih potreba i djelatnosti, kao što su konzumiranje zdravstveno ispravne hrane, korištenje tla u poljoprivredi, izgradnja infrastrukture, obezbjeđenje pitkom vodom, urbano i ruralno planiranje, upravljanje prirodnim izvorima.

Projekat je kompatibilan (usklađen) sa strateškim nacionalnim dokumentima na svim nivoima:

- R BiH (Nacionalni plan za zaštitu okoliša- NEAP 2003.),
- F BiH (Strategija zaštite okoliša Federacije BiH 2008. – 2018.,
- Strategija upravljanja vodama F BiH 2010 – 2022.),
- Općine (Lokalni ekološki plan općine Zenica (2009.),
- Akcioni plan zaštite okoliša općine Žepče 2012. -2017.,
- Lokalni akcioni plan općine Odžak 2012. – 2017.,
- Ekološki akcioni plan LEAP općina Orašje 2016. – 2026.).

PLANIRANE AKTIVNOSTI I NAČIN PROVOĐENJA

Istraživanja efekata fitoremedijacije koja su provedena na Univerzitetu „Džemal Bijedić“ u Mostaru imala su karakter egzaktnih istraživanja u kontrolisanim uvjetima (stakleniku). U široj proizvodnoj praksi u BiH nije bilo istraživanja sanacije kontaminiranih zemljišta postupkom fitoremedijacije.

Projektom su predviđene sljedeće aktivnosti:

- Određivanje lokaliteta na kojima će biti realizovana istraživanja
- Uzimanje uzoraka tla i biljnog materijala korištenjem standardnih metoda
- Laboratorijske analize tla i biljaka
- Izbor biljnih kultura koje se mogu uzgajati na kontaminiranim tlima
- Zasijavanje odgovarajućih biljnih vrsta, indikatora hiperakumulacije teških metala
- Prezentacija rezultata istraživanja i edukacija
- Štampanje publikacije

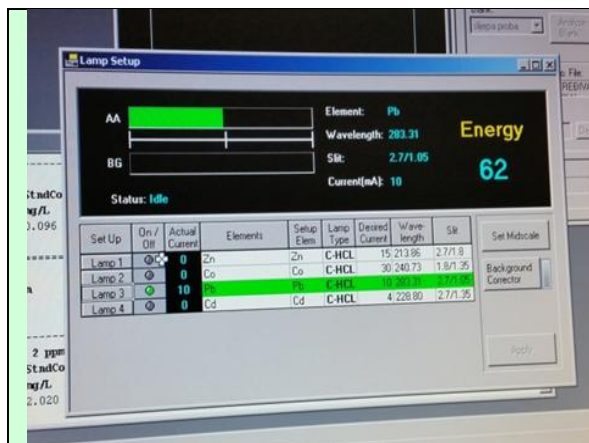
Planirana istraživanja provedena su na reprezentativnim lokalitetima općina Zenice, Žepče, Maglaja, Odžaka i Orašja i temeljila bi se na činjenicama prisutne intenzivne poljoprivredne proizvodnje, čestog plavljenja i postojećih industrijskih kapaciteta u neposrednoj blizini rijeke Bosne, te analiza tla i utvrđivanja prekograničnih vrijednosti teških metala u tlu i biljkama.

Dakle, metodika istraživanja imala bi sljedeći okvir:

- Analiza uzoraka tla i biljnog materijala na plavljenom prostoru ustaljenim laboratorijskim metodama, korištenjem gasne hromatografije i atomske apsorpcione spektrofotometrije. Za analizu tla uzeti su prosječni uzorci koji predstavljaju zbir više pojedinačnih uzoraka (15 -150) uzetih na način da ukupna uzeta smjesa tla odslikava pravo stanje hranjiva na ispitivanoj površini. Prosječni uzorci uzimani su pomoću sonde ili otvaranjem pojedinačnih rupa na određenoj površini. Obično se otvara 15 - 20 pojedinačnih rupa na jedan hektar ili se isto toliki napravi broj bušotina sa sondom. Dubina uzimanja uzorka treba da predstavlja najaktivniju zonu razvoja rizosfere tako da se za voćarske kulture uzorci uzimaju sa dvije dubine: 0-30 cm i 30-60 cm. Nakon pravilnog uzimanja uzorka, njegovog pakiranja i etiketiranja neophodno je uzorak što prije dostaviti u laboratoriju kako bi se mogle napraviti odgovarajuće analize. Nepravovremena analiza zemljišta može dati pogrešne podatke o stanju hranjiva. Uzeti uzorci zemljišta analizirat će se u laboratoriji Instituta za poljoprivredu i zaštitu okoliša pri Univerzitetu „Džemal Bijedić“ u Mostaru.

- Laboratorijske analize (uzorci tla i biljnog materijala) odnosile su se na: fizičko hemijske osobine, prisustvo teških metala u tlu i završnog stanja tla, prisustvo teških metala u korijenu i nadzemnom dijelu ispitivanih biljnih vrsta. Analize su bile u skladu sa maksimalnim dozvoljenim koncentracijama za date teške metale, koje su propisane legislativom, 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 metodama njihovog ispitivanja ("Sl. novine F BiH" br. 72/09.).





Elementi	Granične vrijednosti* (mg/kg)		
	Pjeskovit o tlo	Praškasto/ ilovasto tlo	Teško tlo
Kadmij (Cd)	0,5	1	1,5
Olovo (Pb)	50	80	100
Cink (Zn)	100	150	200
Kobalt (Co)	30	45	60

Uputstvo o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih materija u zemljištu i metode njihovog ispitivanja, (Sl. novine FBiH, br. 72/09).

- Određivanje sadržaja teških metala u zemljištu odvijalo se u dvije faze. U prvoj fazi se vršila ekstrakcija teških metala iz tla pomoću zlatotopke (aqua regia) a u drugoj fazi se određivao sadržaj u ekstraktu metodom atomske apsorpcione spektrofotometrije (AAS). Ekstrakcija teških metala u zlatotopci izvršena je prema standardu ISO 11464. Ovaj međunarodni standard specificira metodu ekstrakcije sa zlatotopkom elemenata u tragovima iz tla i sličnih materijala. Konačna otopina je pogodna za određivanje elemenata u tragovima korištenjem adekvatne atomske spektrometrijske tehnike. Po principu ovog standarda, uzorak tla se melje na čestice manje od 2 mm do prije digestije sa zlatotopkom. Takvim mljevenjem se postiže dobivanje homogenijeg uzorka, iz kojeg se uzima poduzorak i ostvaruje povećanje efikasnosti djelovanja kiseline povećanjem površine čestica.
- Izbor biljnih kultura koje se mogu uzgajati na kontaminiranim tlima se obavio na temelju dosadašnjih egzaktnih laboratorijskih istraživanja biljnih vrsta – indikatora za hiperakumulaciju teških metala: kopriva (*Urtica dioica*), spelta (*Triticum spelta*), špinat (*Spinacea oleracea*), facelija (*Phacelia tanacetifolia*) i heljda (*Fagopyrum esculentum*).
- Zasijavanje odgovarajućih biljnih vrsta, indikatora hiperakumulacije teških metala korištenjem standardne metodologije zasijavanja.
- Presentacija rezultata istraživanja će uslijediti nakon što projektni tim koji čine eminentni profesori iz domene predmetnih istraživanja obavi temeljitu analizu projektnih rezultata. Poslije obrade podataka i donošenja adekvatnih zeključaka uslijedio bi proces edukacije zainteresovanih lica sa područja implementacije projekta. Edukacija bi se obavila na pet lokacija u okviru općina na kojima se implementira projekat i podrazumijevala bi korištenje savremenih tehničkih pomagala i ustaljenih metoda educiranja polaznika ovog procesa. Edukacijska predavanja će potencirati važnost i potrebu kontrole plodnosti tla, važnost ispravne

ishrane bilja s ciljem ostvarivanja stabilnih i visokih prinosa, te važnost pravilne ishrane bilja sa ekološkog aspekta odnosno s ciljem zaštite okoliša.

- Štampanje publikacije predstavlja završnu aktivnost u projektu. Obaviti će se nakon izvršene tehničke pripreme i tenderskog postupka odabira najpovoljnijeg ponuđača usluga štampanja. Ukupno bi se odštamvalo 400 primjeraka publikacije koja bi bila distribuirana na prostoru svih pet predmetnih općina.

ODREĐIVANJE LOKALITETA ISTRAŽIVANJA

Kako bi se, pri izboru lokaliteta plavljenih površina, osigurala reprezentativnost odabrali smo u postavljanju eksperimenta pet reprezentativnih lokaliteta na području općina Zenica, Žepče, Maglaj, Odžak, Orašje.





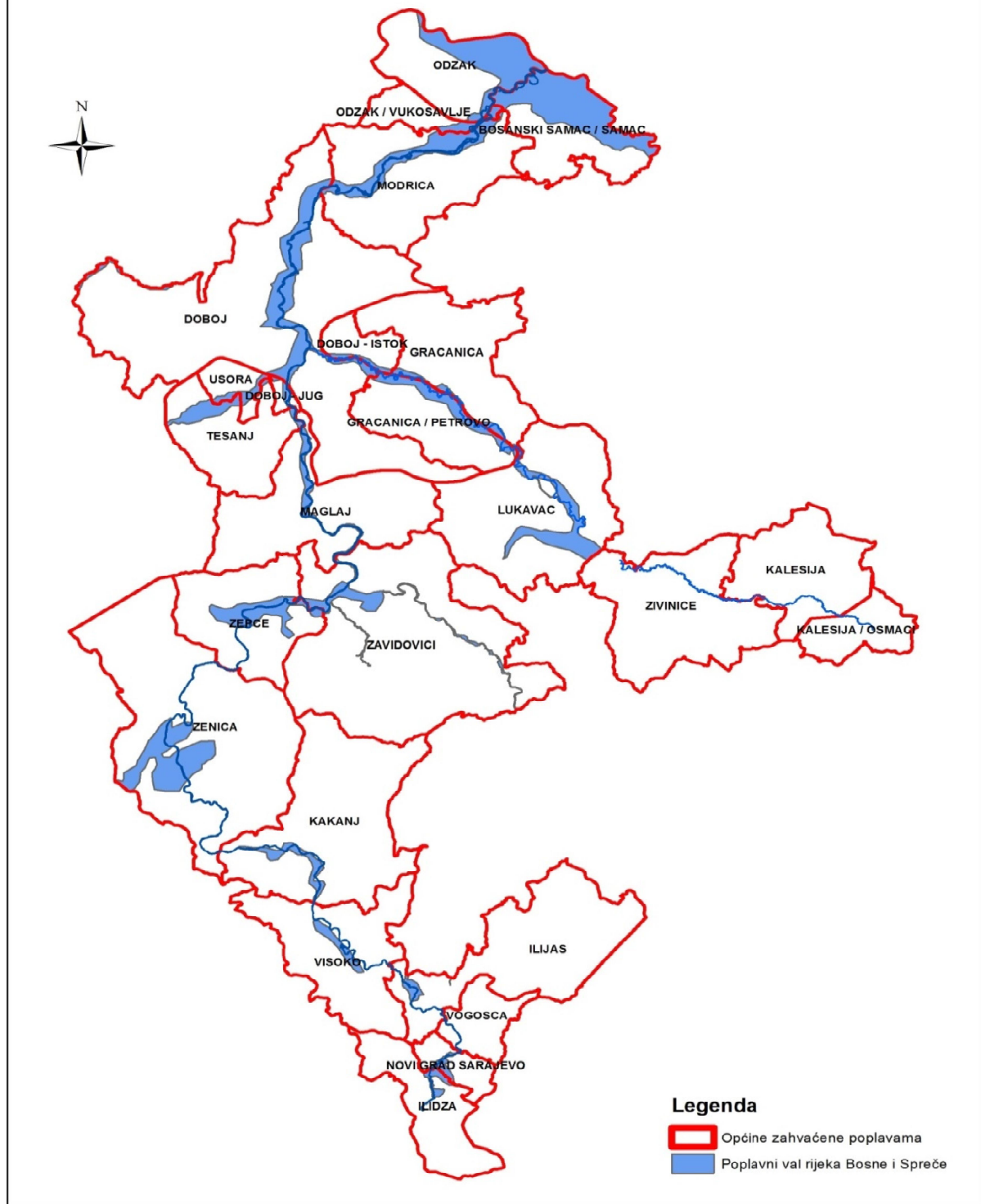
Za svih pet eksperimentalnih poligona, u našim provedenim istraživanjima posebno smo obratili pažnju na sljedeće zadatke i kriterije:

- * Površina lokaliteta koji je plavljen po širokom rasponu.
- * Površina lokaliteta po različitim reljefnim formama.
- * Površina lokalitete opterećenog s negativnim antropogenim utjecajima na plavljenim zemljišnim površinama.





Poplavno područje rijeka Bosna i Spreča



UZIMANJE UZORAKA TLA I BILJAKA







DINAMIKA REALIZACIJE PROJEKTA

PLANIRANE AKTIVNOSTI

Aktivnost	Implementacijski period (mjeseci)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Određivanje lokaliteta na kojima će biti realizovana istraživanja								
Uzimanje uzoraka tla i biljnog materijala korištenjem standardnih metoda								
Laboratorijske analize tla i biljaka								
Izbor biljnih kultura koje se mogu uzgajati na kontaminiranim tlima								
Zasijavanje odgovarajućih biljnih vrsta, indikatora hiperakumulacije teških metala								
Prezentacija rezultata istraživanja i edukacija								
Štampanje i distribucija publikacije								

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

U Bosni I Hercegovini do sada nije bilo ozbiljnih istraživanja fitoremedijacije plavljenog i onečišćenog zemljišta. Većina istraživanja bila je provođena u laboratorijima u kojima su

biljke uzgajane hidroponski u režimu strogo metalne ishrane. Kako bi se dobili stvarni rezultati i osigurala primjena fitoremedijacije u široj proizvodnoj praksi, potrebno je razvijati istraživanja i u poljskim uslovima u smjeru potpunog upoznavanja i optimalizacije uzgoja određenih biljnih vrsta i mogućnosti fitoakumulacije. To je i bio fokus istraživanja u ovom Projektu. Fitoremedijacija može biti vrlo efikasna metoda za uklanjanje teških metala, što je dokazano i ovim istraživanjem. Međutim, kao i svaka druga metoda i ova metoda ima svoja ograničenja i nije uvijek djelotvorna. Određivanje sadržaja teških metala u zemljištu, osnovni je pokazatelj stepena onečišćenosti i podobnosti zemljišta za biljnu proizvodnju. Biopristupačnost i bioakumulacija teških metala u biljkama direktno je vezana za njihov sadržaj i mobilnost u zemljištu. Prisustvo teških metala u životnoj sredini izaziva ozbiljna oštećenja biljaka i predstavlja rizik za ljudsko zdravlje.

Neke biljne vrste mogu akumulirati u svom korijenu kao i u nadzemnim dijelovima teške metale i na taj način ukloniti izvjesne količine teških metala iz zemljišta.

U ovom istraživanju suočili smo se sa nekoliko principa usvajanja teških metala od strane istraživanih biljnih vrsta:

- neke ispitivane biljke ne usvajaju metale, tj tolerantne su prema visokim koncentracijama metala u zemljištu.
- neke biljke su usvajale metale ali se oni akumuliraju u većoj mjeri u korijenovom sistemu,
- neke ispitivane biljne vrste su u većoj ili manjoj mjeri usvajale metale i akumulirale ih u u nadzemnom dijelu.

Potvrdilo se pravilo i u našim istraživanjima da je primjena fitoremedijacije u velikoj mjeri usporena usljed nedovoljnog poznavanja mehanizama tolerancije i transporta teških metala kroz biljke. Apsorpcija pojedinih metala od strane biljaka, zavisila je od postojeće forme i koncentracije metala u zemljištu, kao i od same biljne vrste. Biljke su se u svih pet naših eksperimenata razlikovale po usvajanju metala kao i po načinu distribucije istih kroz biljna tkiva. Naša istraživanja potvrđuju da se velike količine cinka (Zn) i kobalta (Co) transportuju iz zemljišta i premještaju u nadzemne dijelove određenih biljnih vrsta.

Mehanizam usvajanja teških metala ima četiri osnovna aspekata:

- mobilizacija teških metala u zemljištu,
- uzimanje metalnih jona preko korijena biljaka,
- translokacija nagomilanih metala od korijena do tkiva,
- sekvestracija metalnih jona u biljnim tkivima i metalna tolerancija.

ANALIZA ZEMLJIŠTA PRIJE ISTRAŽIVANJA

Lokaliteti u Zenici, Maglaju, Žepču, Odžaku i Orašju Ilijašu odabrani su na osnovu tipa tla, morfološkog izgleda profila, te utvrđenih fizičkih i hemijskih osobina tla. Utvrđeno je, da su

na istraživanim područjima zastupljena tla tipa „uutrično smeđe tlo na aluvijalnom nanosu“, a po teksturnom sastavu se radilo o ilovači. U prosjeku, sadržaj krupnog pijeska na 18 – 38 cm (zona korijenovog sistema) bio je 0,63 mm, sitnog pijeska 35,97mm, praha 38,80 mm, dok je sadržaj gline na navedenoj dubini iznosio 24,60 mm.

Tabela 3. Hemijska svojstva profila tla

Lokaliteti	pH vrijednost		Sadržaj humusa u %	Sadržaj CaCO ₃ u %
	H ₂ O	KCl		
Zenica	7,12	6,20	2,25	0,20
Maglaj	6,95	6,05	1,80	0,15
Žepče	6,87	6,03	1,77	0,14
Odžak	6,90	6,10	1,95	0,17
Orašje	7,03	6,18	2,17	0,19

Specifična težina se povećava sa dubinom zemljišta na svim lokalitetima. Sagledavajući druge parametre laboratorijskih analiza iz profila, može se konstatovati da se radi o nešto težem tlu glinovitoj - ilovači.

Volumne specifične gustine su neravnomjerno raspoređene na svim lokalitetima.

Kapacitet tla za zrak u % je različitih vrijednosti na različitim lokalitetima.

Kapacitet tla za vodu u % u svim slojevima je dosta ujednačen na svim lokalitetima i ovo tlo može pohraniti osrednje količine vode.

Ukupna poroznost tla u % ukazuje da je po ukupnom sadržaju pora tlo porozno.

Kod svih lokaliteta je uočeno da se sadržaj čestica gline povećava sa dubinom tla. Najmanje su zastupljene čestice krupnog pijeska. Vrijednosti čestica sitnog pijeska opadaju sa dubinom. Čestice praha su najmanje zastupljene u prvom horizontu a najviše u četvrtom horizontu.

Vrijednosti vodopropusnosti tla ukazuju na činjenicu da se radi o srednje propusnom tlu izuzev drugog horizonta gdje je stvoren tz. taban i predstavlja nepropusni sloj. Inače, zemljišta eksperimentalnih poligona predstavljaju srednje propusna tla.

Sadržaj humusa u % je umjereno humozno u prvom horizontu dok u ostalim horizontima lagano opada sa dubinom.

Sadržaj CaCO₃ u % je vrlo sličan u svim horizontima i radi se o slabo karbonatnim tlima.

PROJEKCIJA EKSTREMNIH KLIMATSKIH PARAMETARA

Klimatske karakteristike sliva rijeka Bosne odlikuju se izuzetno složenim reljefom tla, tako da se neki parametri, posebno meteorološke pojave, razlikuju na pojedinim tačkama sliva. S obzirom na specifičan geografski položaj i reljef, klima sliva rijeka Bosne je dosta

složena. Sjeverni dijelovi sliva rijeke Bosne su pod uticajem umjereno kontinentalne klime iz Panonske nizije.

Najtoplija područja su na sjeveroistoku, dok srednje temperature opadaju prema jugozapadu. Godišnje količine padavina se kreću od 780 l/m² do 1300 l/m². Snježne padavine su takođe značajne u zimskom periodu, uz napomenu da suma padavina i broj dana sa snježnim pokrivačem raste sa porastom nadmorske visine.

Temperatura zraka - U sjevernim dijelovima sliva rijeke Bosne, srednje godišnje temperature kreću se od 10,4°C do 10,6°C. Najniža prosječna mjesečna temperatura u posmatranom desetogodišnjem periodu iznosila je -8,3°C (januar), a najviša prosječna mjesečna temperatura je iznosila 23,6°C (juli).

Padavine - Prosječna godišnja suma padavina u slivu rijeke Bosne kreće se od 860 l/m² do 890 l/m², sa izuzetkom 2014 godine koja je iznosila 1200 l/m². Karakterističan je ravnomjeran raspored padavina tokom godine. Ipak, su uočljivi izraziti proljetni maksimum (u junu) i nešto veće padavine u novembru kod jednog i drugog sliva.

Dakle, katastrofalne padavine u toku aprila i maja 2014 godine (april 204,5 l/m² i maj 184,8 l/m²) izazvale su poplave i destrukciju zemljišta sa značajnim onečišćenjima teških metala od kojih su neki od njih u iznad graničnim vrijednostima.

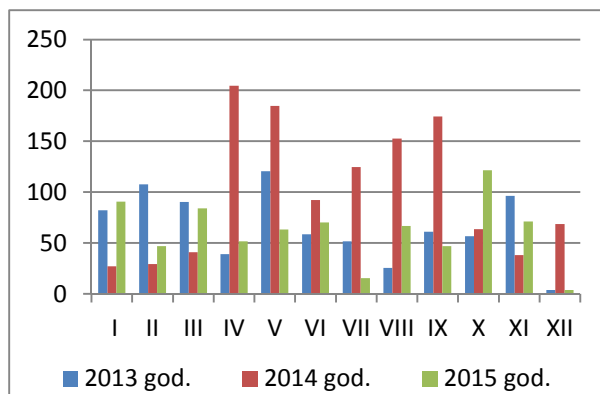
Taj plavni val uglavnom je zahvatao poljoprivredna zemljišta koja su bila zasijana ili su bila u fazi vegetacije različitim biljnim vrstama. Svakako su bujice nosile sa sobom sve ono što je čovjek godinama odlagao ili kao otpad ili kao materijalno dobro.

Tabela 4. Suma mjesečnih padavina (l/m²) MS Zenica

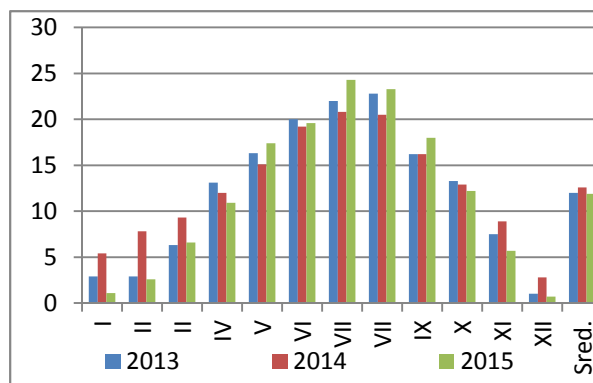
God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Sred.
2013	2,9	2,9	6,3	13,1	16,3	20,0	22,0	22,8	16,2	13,3	7,5	1,0	12,0
2014	5,4	7,8	9,3	12,0	15,1	19,2	20,8	20,5	16,2	12,9	8,9	2,8	12,6
2015	1,1	2,6	6,6	10,9	17,4	19,6	24,3	23,3	18,0	12,2	5,7	0,7	11,9

Tabela 5. Suma mjesečnih padavina (l/m²) MS Zenica

God.	I	II	II	IV	V	VI	VII	VII	IX	X	XI	XII	Sred.
2013	82,0	107,5	90,2	38,9	120,6	58,7	51,5	25,6	61,2	56,7	96,4	3,9	793,2
2014	27,1	29,2	40,9	204,5	184,8	92,3	124,6	152,7	174,3	63,6	38,0	68,6	1200,6
2015	90,7	46,9	84,1	51,5	63,4	70,2	15,4	66,8	46,9	121,6	71,1	3,8	732,4



Grafikon 1. Mjesečne sume padavina l/m² Zenica



Grafikon 1. Srednje temperature Zenica

Plavljenjem, velike površine zemljišta su apsorbivale sve one negativne elemente koje je čovjek brojnim zahvatima u okruženju stalno umnožavao: razne otpadne materijale i otrovne supstance, kao što su hemijska sredstva, pesticidi, vještačka gnojiva, produkti nekontrolisanog odlaganja komunalnog otpada i dr. Veliki dio ovih kontaminanata, prije svega teških metala, nalaze se na određenim plavljenim površinama sliva rijeke Bosne.

Prisustvo zagađivača u tlu ima ozbiljne posljedice za različita područja ljudskih potreba i djelatnosti, kao što su korištenje tla u poljoprivredi, izgradnji, obezbjeđenju pitkom vodom, urbano i ruralno planiranje te upravljanje prirodnim izvorima. Unos teških metala i drugih polutanata na nekim plavljenim poljoprivrednim površinama sliva rijeke Bosne prešli su dozvoljene granične vrijednosti, te takvo zemljište počinje predstavljati zdravstveni rizik. Teški metali se ubrajaju u najrasprostranjenije zagađivače zemljišta, voda i šire životne sredine. Njihova toksičnost je sve značajniji problem, u ekološkom, nutritivnom i evolucionom kontekstu. Nakupljanje ovih metala u gornjim slojevima zemljišta predstavlja potencijalnu opasnost za zdravlje ljudi, rast i razviće biljaka tj. živi svet uopće.

SADRŽAJ TEŠKIH METALA U TLU

Teški metali se u zemljištu mogu naći ili u jonskom obliku ili vezani za apsorpcioni kompleks. Biljke mogu da ih apsorbiraju ili iz vodenog rastvora ili iz nespecifično vezanog apsorpcionog kompleksa. Step en apsorpcije teških metala od strane biljke više zavisi od njihovog oblika u zemljištu, a mnogo manje od same njegove količine.

Tabela 6. Sadržaj teških metala u profilu tla

Elementi u tlu (mg/kg) u profilu tla	Teksturna oznaka po Ehwald-u (Ilovača)				
	Zenica	Maglaj	Žepče	Odžak	Orašje
Olovo (Pb)	20,35	24,30	24,85	22,20	23,05
Kadmij (Cd)	1,00	0,95	0,90	0,95	0,85
Cink (Zn)	48,45	46,25	45,90	46,30	46,10
Kobalt (Co)	39,80	32,70	32,10	33,10	32,00

Rezultati istraživanja ukazuju da je sadržaj olova, cinka i kobalta ispod granične vrijednosti. Povišen sadržaj kadmija je prisutan u prvom horizontu i iznosi 1,00 mg/kg i označen je crvenom bojom. Granična vrijednost za kadmij (Cd), u ilovastom tlu je 1,00 mg/kg. Prema navedenim rezultatima analize uzorka tla, može se konstatovati da su na istraživanim parcelama utvrđene visoke koncentracije olova i kobalta čime se potvrđuje činjenica da je na plavnom području sliva rijeka Bosne plavni val onečisto tla organskim polutantima.

Tabela 7. Srednje vrijednosti analiziranog tla po parcelama za sadnju biljne vrste

Sadržaj teških metala u tlu (mg/kg) – nult o stanje					
Biljna vrsta	Prosje k 5 uzoraka tla	Olovo (Pb)	Kadmij (Cd)	Kobalt (Co)	Cink (Zn)
KOPRIVA	\bar{x}	35,25	1,87	28,14	77,66
ŠPINAT	\bar{x}	33,18	1,48	32,05	76,10
HELJDA	\bar{x}	36,20	1,47	31,10	86,00
FACELIJA	\bar{x}	32,80	1,64	33,35	75,05
SPELTA	\bar{x}	34,07	1,39	36,12	88,10

Na osnovu graničnih vrijednosti teških metala u tlu, a na temelju provedenih istraživanja može se zaključiti sljedeće:

- Prosječne vrijednosti koncentracije olova (Pb) kreću se u rasponu od 32,80 mg/kg (parcele facelije) do 36,20 mg/kg (parcele heljde).

- Prosječne vrijednosti koncentracije kadmija (Cd) kreću se u rasponu od 1,39 mg/kg (parcele spelte) do 1,87 mg/kg suhog tla (parcele koprive).
- Prosječne vrijednosti koncentracije cinka (Zn) kreću se u rasponu od 70,30 mg/kg (parcele koprive) do 88,10 mg/kg (parcele spelte).
- Prosječne vrijednosti koncentracije kobalta (Co) kreću se u rasponu od 28,14 mg/kg (parcele koprive) do 36,12 mg/kg (parcele spelte).

BILJNE VRSTE U FUNKCIJI FITOAKUMULACIJE

Teški metali na plavljenim zemljištima akumulirani u biljkama ulaze u lanac ishrane i njihova prekomjerna količina može toksično djelovati na ljude i životinje. Zbog toga su, u posljednje vrijeme, u velikoj mjeri aktuelna istraživanja na pronalaženju biljaka koje mogu da usvajaju, distribuiraju i akumuliraju teške metale u nadzemni dio biljaka. Novija ispitivanja ukazuju na mogućnost gajenja nekih biljnih vrsta - fitoremedijatora koje svojom morfološkom građom i fiziološkom aktivnošću koncentraciju teških metala smanjuju u zemljištu do dozvoljene vrijednosti i na taj način saniraju zemljište i dovode u funkciju proizvodne sposobnosti.

Priprema zemljišta za pokus je obavljena na svih pet lokaliteta u 2016. godini, sa startnom i dopunskom osnovnom obradom. Parcele istraživačkih pokusa nisu gnojene, niti je primjenjivana bilo kakva druga agrotehnička mjera, izuzev zalijevanja biljnih vrsta i mehaničkog uništavanja korova. Na tako pripremljenim parcelama izvršeno je markiranje pokusnih tabla.

Sjetva biljnih vrsta na svim lokalitetima je obavljena po randomiziranom blok sistemu, u pet ponavljanja. Sorte koje su korištene su:

Kopriva (*Urtica dioica*) iz prirodne populacije. Biljke koprive uzimane su u fazi 5 listova i direktno sađene na markiranom tlu i u prostore perforirane crne folije kako bi se izbjeglo uništavanje korova i sačuvala vlaga..

Spelta (*Triticum spelta*) je nabavljena iz Mađarske sorte "Oko 10", kategorije original. U svaki perforirani prostor folije zasijano je po pedeset sjemenki na dubini od 3 cm. Vrijeme nicanja spelte bilo je nakon 12 dana. Na usjevu spelte nije bilo vidljivih napada uzročnika biljnih bolesti niti napada insekata. Vlatanje spelte počelo je nakon 30 dana od dana sjetve, a puna zrioba nakon 105 dana.

U usporedbi sa speltom sijane su i druge strne žitarice (pšenica, raž i tritcale) za kontrolne (usporedne) analize. Obzirom da se istraživačkom programskom šemom nije predvidjela detaljna analiza drugih žitarica iste su bile nulta kontrola. Informacije radi navedene strne kulture nisu pokazivale bilo kakve fitoakumulacijske sposobnosti.

Heljda (*Fagopyrum esculentum*) sorte Darija. Heljda je zasijana u pojedinačne perforirane prostore folije po 50 sjemenki na dubini od 2 cm. Vrijeme nicanja bilo je 9 dana. Na usjevu heljde nije bilo uzročnika biljnih bolesti, ni napada insekata, izuzev pčela koje su bile prisutne kao oprašivači. Cvjetanje heljde počelo je nakon 40 dana od dana sjetve a puna zrioba nakon 90 dana od dana sjetve.

Facelija (*Phacelia tanacetifolia*) je posijana u količini od po 20 sjemenki u svaki perforirani prostor folije. Facelija je nicala nakon 18 dana, cvjetala nakon 55 dana a puna zrioba facelije bila je nakon 110 dana od sjetve.

Špinat (*Spinacea oleracea*): korištena je sorta “Boleroemena” original.

Na proces rasta i razvoja zasijanih biljnih vrsta djelovao je čitav splet unutrašnjih i vanjskih faktora, prije svega: svjetlost, temperatura i vlažnost. Na rast i razvoj biljaka, u toku mjeseca juna i jula, povoljno su utjecali agroekološki faktori, prije svega temperatura, dok je vlažnost za sve biljne vrste u eksperimentu bila obezbijeđena ručnim zalijevanjem.

FITOAKUMULACIJA TEŠKIH METALA U BILJKAMA

**Tabela 8. Sadržaj olova (Pb) u biljnim vrstama
(PROSJEK SA PET EKSPERIMENTALNIH POLIGONA)**

VRSTA BILJKE	PROSJEČAN SADRŽAJ U MG Pb/KG		
	Sadržaj Pb u korijenu	Sadržaj Pb u nadzemnom dijelu	Ukupan sadržaj Pb u biljci
KOPRIVA	1,26	2,42	3,68
ŠPINAT	2,07	2,64	4,71
HELJDA	0,96	0,96	1,92
FACELIJA	0,52	1,29	1,81
SPELTA	1,08	0,92	2,00
PROSJEK	1,18	1,65	2,82

**Tabela 9. Sadržaj kadmija (Cd) u biljnim vrstama
(PROSJEK SA PET EKSPERIMENTALNIH POLIGONA)**

VRSTA BILJKE	PROSJEČAN SADRŽAJ U MG Cd/KG		
	Sadržaj Cd u korijenu	Sadržaj Cd u nadzemnom dijelu	Ukupan sadržaj Cd u biljci
KOPRIVA	0,29	0,10	0,40
ŠPINAT	0,80	0,42	1,22
HELJDA	0,11	0,11	0,22
FACELIJA	0,29	0,33	0,63
SPELTA	0,24	0,22	0,47
PROSJEK	0,35	0,24	0,59

**Tabela 10. Sadržaj kobalta (Co) u biljnim vrstama
(PROSJEK SA PET EKSPERIMENTALNIH POLIGONA)**

VRSTA BILJKE	PROSJEČAN SADRŽAJ U MG Co/KG		
	Sadržaj Co u korijenu	Sadržaj Co u nadzemnom dijelu	Ukupan sadržaj Co u biljci
KOPRIVA	0,92	1,85	2,77
ŠPINAT	0,41	3,28	3,69
HELJDA	3,28	0,71	3,99
FACELIJA	0,73	2,63	3,36
SPELTA	1,40	0,82	2,21
PROSJEK	1,35	1,86	3,21

**Tabela 12. Sadržaj cinka (Zn) u biljnim vrstama
(PROSJEK SA PET EKSPERIMENTALNIH POLIGONA)**

VRSTA BILJKE	PROSJEČAN SADRŽAJ U MG Zn/KG		
	Sadržaj Zn u korijenu	Sadržaj Zn u nadzemnom dijelu	Ukupan sadržaj Zn u biljci
KOPRIVA	40,16	37,43	77,59
ŠPINAT	22,49	35,18	57,67
HELJDA	90,41	40,73	131,14
FACELIJA	66,93	67,10	134,03
SPELTA	24,04	29,53	53,57
PROSJEK	48,81	41,99	90,80

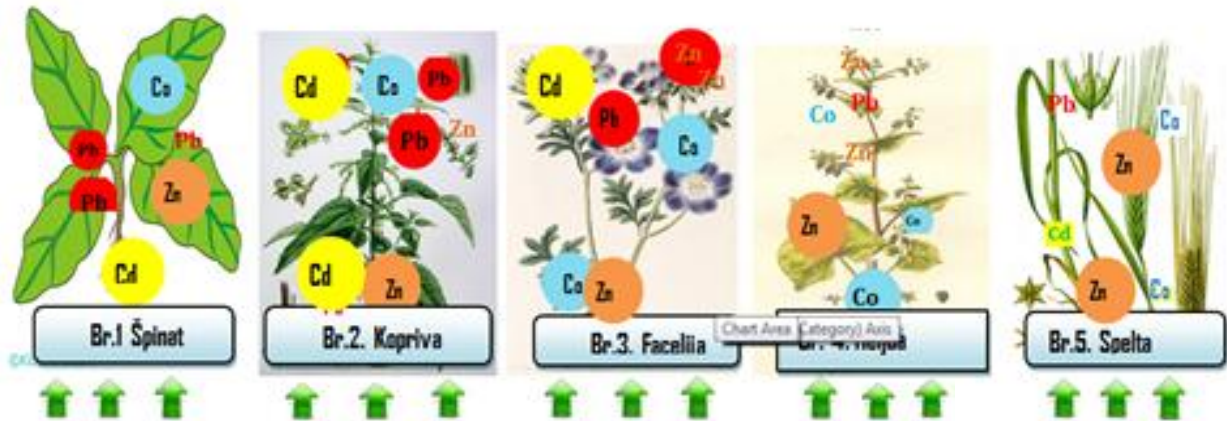
**Tabela 12. Zbirne vrijednosti teških metala u biljnim vrstama
(PROSJEK SA PET EKSPERIMENTALNIH POLIGONA)**

BILJNE VRSTE ANALIZE TLA	OLOVO Pb	KADMIJ Cd	KOBALT Co	CINK Zn
KOPRIVA				
Nulta analiza	35,25	1,87	30,84	77,66
Završna analiza	30,76	1,30	28,14	70,30
Razlika	4,49	0,57	2,70	7,36
ŠPINAT				
Nulta analiza	33,18	1,48	32,05	76,10
Završna analiza	27,14	1,13	30,59	72,42
Razlika	6,04	0,35	1,46	3,68
HELJDA				
Nulta analiza	36,20	1,47	31,10	86,00
Završna analiza	30,71	1,24	28,94	73,66
Razlika	5,49	0,23	2,19	12,34
FACELIJA				
Nulta analiza	32,80	1,64	33,35	75,05
Završna analiza	30,41	1,30	28,91	56,40
Razlika	2,39	0,34	4,44	18,65
SPELTA				
Nulta analiza	34,07	1,39	36,12	88,10
Završna analiza	28,21	1,23	27,23	68,73
Razlika	5,86	0,16	8,89	19,37

Tabela 13. Translokacioni koeficijent

		OLOVO Pb	Kadmij Cd	Kobalt Cd	Cink Zn
KOPRIVA	Korijen	1,26	0,29	0,92	40,16
	Nazemni dio	2,42	0,10	1,85	37,43
	I N D E X	1,92	0,34	2,01	0,93
ŠPINAT	Korijen	2,07	0,80	0,41	22,49
	Nazemni dio	2,64	0,42	3,28	35,18
	I N D E X	1,28	0,53	8,00	1,56
HELJDA	Korijen	0,96	0,11	3,28	90,41
	Nazemni dio	0,96	0,11	0,71	40,73
	I N D E X	1,00	1,00	0,22	0,45
FACELIJA	Korijen	0,52	0,29	0,73	66,93
	Nazemni dio	1,29	0,33	2,63	67,10
	I N D E X	2,48	1,14	3,60	1,00
SPELTA	Korijen	1,08	0,24	1,40	24,04
	Nazemni dio	0,92	0,22	0,82	29,53
	I N D E X	0,85	0,92	0,59	1,23

PRIKAZ USVOJENIH TEŠKIH METALA U POJEDINE DIJELOVE BILJNIH ORGANA



Legenda: Primarna Hiperakumulacija



Sekundarna akumulacija



☐ Ocjena pogodnosti za fitoremedijaciju u nadzemnom dijelu ispitivanih biljaka

	Olovo Pb		Kadmij Cd		Kobalt Co		Cink Zn
1.	špinat		špinat		špinat		facelija
2.	facelija		facelija		facelija		heljda
3.	kopriva		kopriva		kopriva		kopriva
4.	heljda		spelta		spelta		špinat
5.	spelta		heljda		heljda		spelta

MONITORING TLA

Na osnovu naših saznanja potkrijepljenih rezultatima istraživanja definisanih ovim Projektom bilo bi neophodno provoditi monitoring zemljišta.

Monitoring zemljišta je jako složen i skup proces koji podrazumijeva prije svega praćenje općih uslove određenog područja, (medij) za biljnu proizvodnju, ishranu bilja, mikrobiologiju tla, te druge različite zemljišne karakteristike, koja se dijelom mogu podvesti pod zajednički naziv „istraživanje promjena u fizičkom, hemijskom i biološkom kompleksu tla”.

Zbog povećanog sadržaja teških metala u zemljištu i biljkama koje se koriste za ljudsku i stočnu ishranu, potrebno je preduzeti i provoditi sljedeće mjere:

- mjere za smanjivanje emisija kontaminanata iz antropogenih izvora, prvenstveno metalurških i energetskih postrojenja, koje treba prioritetno realizovati, što bi trebao biti zadatak prvenstveno zagađivača,
- obezbjeđenje materijalnih i tehničkih uslova za vršenja periodičnog monitoringa sadržaja teških metala u zemljištu i gajenim biljkama koje se dominantno koriste za ljudsku i stočnu ishranu,
- primjena odgovarajućih mjera za uzgoj određenih biljnih vrsta, kao što su mjere poboljšanja adsorpcionog kompleksa i hranidbenih vrijednosti zemljišta, te izbor vrsta koje se mogu uzgajati na osjetljivim (onečišćenim) zemljištima i edukacija stanovništva o provođenju tih mjera,
- izrada plana i realizacija mjera remedijacije kontaminiranog zemljišta od kojih se fitoremedijacija smatra najprikladnijom tehnologijom sa tehnološkog, ekonomskog i ekološkog stanovišta.

Pored navedenog, monitoring zemljišta podrazumijeva praćenje: fizičkih, hemijskih, bioloških i ostalih parametara.

- **Od fizičkih parametara** neophodno je pratiti: mehanički sastav (teksturu, strukturu) specifičnu gustinu, vodne konstante (vlažnost trajnog venuća, poljski vodni kapacitet, retencioni i maksimalni vodni kapacitet).
- **Od hemijskih parametara:** aktivnu kiselost (pH u H₂O), potencijalnu kiselost (pH u KCl), hidrolitičku kiselost (pH u Na-acetatu), sadržaj CaCO₃, sadržaj organskog ugljika, sadržaj humusa, kapacitet izmjene kationa (CEC), ukupni adsorpcioni kapacitet, sadržaj azota (ukupni i nitratni), sadržaj ostalih hraniva (P, K, Ca, Mg, Cu, Zn, Mn, Na, Fe, B, Mo), sadržaj toksičnih ili potencijalno toksičnih elemenata (Al, As, B, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn), sadržaj organskih zagađivača - aromatičnih ugljovodonika PAH, PCB, pesticide i dr.

- **Od bioloških parametara:** mineralizaciju ugljika i azota (respiracija), biodiverzitet tla.
- **Ostali parametri:** prirodna radioaktivnost, hemijski sastav površinskih i podzemnih voda.

ZAKLJUČAK

U ovom Programu istraživale su se mogućnosti i sposobnosti usvajanja teških metala od strane biljaka - fitoremedijatora koje imaju sposobnost akumuliranja i iznošenja teških metala i drugih kontaminanata iz zemljišta i stvaranje uvjeta za vraćanje plodnosti zemljišta. Programskom koncepcijom i realizacijom ciljeva (istraživanjima i laboratorijskim analizama) došli smo do rezultata da teški metali koji se javljaju kao posljedica poplava mogu biti usvajani od strane biljaka ili pretvoreni u nerastvorne oblike, čime bi se u primjeni (široj proizvodnoj praksi) njihova koncentracija i dostupnost smanjivala u zemljištu tokom uzgoja.

Istraživanja u ovom radu dokazuju da se postupkom fitoremedijacije mogu ostvariti generalni ciljevi:

- poboljšanje fizičko hemijskih osobina plavljenih zemljišta sliva rijeka Bosne,
- uklanjanje teških metala i drugih kontaminanata iz zemljišta.

Ovim istraživanjem na pet eksperimentalnih poligona utvrđeno je prisustvo određenih koncentracija teških metala na plavljenim tlima sliva rijeke Bosne i prezentiran prikaz njihove prostorne distribucije obzirom na tip tla kojeg karakteriše njegov mehanički sastav, pH vrijednost, sadržaj organske materije i sl.

Na bazi sadašnjih (dostupnih) podataka u pogledu stepena zagađenosti tala teškim metalima plavljenih površina (uzorkovanja su obavljena na dubini od 25 cm) predložili smo fitoremedijante (biljne vrste) koji su odabrani kako ne bi bili invazivni. Biljke fitoremedijatore smo izabrali prema njihovoj sposobnosti izdvajanja toksina iz okoliša, prilagođenosti na lokalne klimatske prilike, velikoj proizvodnji zelene mase, dubini do koje korijen prodire, kompatibilnosti sa vrstom tla koje će se sanirati, brzini rasta, jednostavnosti sadnje i održavanja te sposobnosti da upije velike količine vode i kontaminanta (teških metala). Dakle, u implementaciji ovog Programa utvrđeno je stanje u pogledu sadržaja i biodostupnosti pojedinih teških metala, plavljenih zemljišta na području sliva rijeke Bosne u mjestima istraživanja. Pored obavljenih analiza zemljišta i uvida u trenutno stanje zagađenosti plavljenih površina teškim metalima i utvrđenih i definiranih optimalnih modela fitoremedijacije, predloženi su i optimalni postupci koje je potrebno poduzeti, prvenstveno sa aspekta uspostave monitoringa istraživanih tala, kao i najbolje svjetske prakse iz oblasti održivog upravljanja zemljišnim resursima, koja je jedna od najaktuelnijih tema iz oblasti poljoprivrede i okoliša.

Na svih pet eksperimentalnih poligona utvrđena je iznadgranična vrijednost teških metala. Određena je biljna vrsta - fitoremedijant koja dobro raste na zagađenom području i ima sposobnost da akumulira i razgrađuje onečišćivače u tlu i podzemnim vodama, izlučuje materije koje pospješuju umnožavanje mikroorganizama tla i sadrži fermente koji učestvuju u početnoj transformaciji onečišćivača i posjeduje veliku otpornost na onečišćivače. Oni ne utječu na biljni rast i metabolizam biljaka čiji sistem korijenja duboko

prodire u tlo.

Korijenje biljke ili cijepa onečišćivača u tlu ili ga mijenja i skladišti u izdanku i lišću biljke pri čemu se može adaptirati na različite klimatske uvjete. Dakle, biljke fitoremedijatori odabrane su na principu da se jednostavno uzgajaju, koriste velike količine vode transformišu onečišćivače u netoksične ili manje toksične produkte.

Nakon postizanja određene biomase predviđeno je da se biljke uklanjaju (košnjom) i spaljuju.

- U Projektu „SANACIJA PLAVLJENOG ZEMLJIŠTA SLIVA RIJEKE BOSNE POSTUPKOM FITOREMEDIJACIJE“ istraživane su mogućnosti i sposobnosti biljaka (kopriva, špinat, spelta, facelija i heljda) za usvajanja teških metala (olovo Pb, kadmij Cd, kobalt Co i cink Zn). Odabrane biljne vrste su pokazale različitu sposobnost akumulacije i translokacije metala u podzemne i nadzemne dijelove biljaka.
- Motivi za istraživanja proizilaze usljed katastrofalnih poplava, prije svega padavina u maju iz 2014 godine, koje su izazvale onečišćenja poljoprivrednih zemljišta i nanijele nesagledive štete, posebno štete na zagađenju poljoprivrednog zemljišta.

Prema istraživanjima koje smo proveli na pet lokaliteta mogu se jasno izvući zaključci da:

- ŠPINAT dominira sa usvajanjem Pb, Cd i Co, dok se sa Zn ističe u korjenu.
- FACELIJA dominira sa usvajanjem Cd, Co i Zn, dok se sa Pb ističe u korjenu.
- HELJDA je dominantna usvajanjem Zn, Cd, Pb i Co, posebno Zn u korijenu.
- SPELTA je dominantna usvajanjem Zn, Pb i Cd, posebno Pb, Cd i Co u korijenu.
- KOPRIVA ravnomjerno usvaja u korijenu i nadzemnom dijelu Pb, Cd, Co i Zn.
- Rezultati ovih istraživanja jasno ukazuju da mjera fitoremedijacije, prije svega fitoakumulacija može naći primjenu u široj proizvodnoj praksi i služiti kao model za sanaciju onečišćenih zemljišta.
- Dobivene vrijednosti akumulacije pojedinih teških metala od strane istraživanih biljnih vrsta, kao i izračuni fitoakumulacijskih faktora, mogu biti korisni kod provođenja fitoremedijacije onečišćenih površina na područjima BiH i drugih regija sličnih agroekoloških uslova.
- Dobiveni rezultati odgovaraju rezultatima mnogih provedenih istraživanja kod koprive i špinata (Pulford i Watson 2003, Gu i sur. 2007, Pietrini i sur. 2010, Lin i sur. 2011, Shukla i sur).
- Da bi se preduzele mjere smanjenja koncentracije teških metala u zemljištu a preko njega i u biljkama, neophodno je tačno utvrditi izvor zagađenja i prema tome preduzeti mjere zaštite poljoprivrednih zemljišta.
- Neophodna je redovna analiza zemljišta poljoprivrednih površina i pravilnim izborom

biljnih vrsta tolerantnih na povećane koncentracije teških metala u zemljištu planirati

i odabrati biljne vrste za fitoremedijaciju.

- Prisustvo teških metala u tlu u prekograničnim vrijednostima podrazumijeva primjenu fitoremedijacije kroz nekoliko vegetativnih sezona sve dok se kontaminirano tlu u potpunosti obnovi funkcija. Biljke fitoakumulatori u kojima je zbog ekstrakcije nakupljena velika količina teških metala moraju se na pravilan način nakon skidanja zbrinuti kako se u njima pohranjeni teški metali ne bi ponovno našli slobodni u okolišu.
- Glavni ograničavajući faktori fitoremedijacije su: smanjena tolerancija biljaka prema prekograničnim vrijednostima teških metala, uglavnom mala biomasa biljaka fitoremedijatora, odlaganje kontaminiranog biljnog otpada, rizik od kontaminacije ispod zone korijena, dugotrajan proces fitoremedijacije.
- Značaj korišćenja metode fitoremedijacije za sanaciju zemljišta kontaminiranog teškim metalima nije samo interes za primarnu poljoprivrednu proizvodnju, već se zasniva i na ekološkim principima

PRILOZI

















