

ZELELENA TEHNOLOGIJA ZA ODRZIVOST ZEMLJISTA

GREEN TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE OF THE SOIL

^{1 2}Mara Vljakovic , ³Bojka Blagojevic , ⁴Jasminka Djordjevic Miloradovic,
²Mirjana Stupar , ²Dragana Radic Jovanovic

¹*Sanitary Ekology Society, saneko98@yahoo.com ,Belgrade, Serbia*

²*Institute for Public Health Protection of Serbia, "Dr Milan Jovanovic Batut", Belgrade, Serbia*

³*Faculty of Occupational Protection, Nis, Serbia*

⁴*Visa tehnicka skola Pozarevac, Serbia*

Phytoremediation is the green technology in which we use plants with an aim for polluting substances removal from humans environment and their transformation into harmless forms.

Phytoremediation is growing in popularity because of its multiple uses. As well as mopping up metals, plants can stabilise mine wastes, disguise unsightly slag heaps and landfill sites, and render land safe. They are clean, green and simple.

Soil pollutions, as researches on territory of the Republic of Serbia show, includes heavy metals. Connected to human's and animal's health pollutions could be toxic, cancerogenic, teratogenic, allergogenic, mutagenic, bio-accumulative. In time, depending to substratum, in which pollutions are, polluting materials are degraded by different speed.

This study presents the results of soil analysis and before using plants, and exploration accumulation heavy metals.

Phytoremediation of heavy metals contaminated soil is Authors experiment. For

Phytoremediation contaminated soil we used phytoaccumulator plants.

Experiments with Phytoextraction with EDTA heavy metals contaminated soil had an aim to confirm role of Synthetic Chelates in Phytoremediation.

Experiments have proved that usage of synthetic chelates in the phytoremediation process increased heavy metals uptake by plants.

Results obtained from researchings to demonstrate concentration in dry matter of biomass in plant remainders.

Plants the Phytoremediators could be used on different environmental bases for cleaning up the soil.

Phytoremediation of innovative cleanup technology for Sustainable Development with clean contaminated soil using hyperaccumulator plants.

Ključne reči : fitoremedijacija, održivi razvoj, čišćenje, metali

Key words : *Phytoremediation, Sustainable Development, , cleanup, metals*

ZELENA TEHNOLOGIJA ZA ODRŽIVOST ZEMLJIŠTA

Fitoremedijacija je zelena tehnologija u kojoj koristimo zelene biljke u cilju uklanjanja zagađujućih supstanci iz čovekove okoline.

Fitoremedijacija zemljišta zagađenog olovom je eksperiment i predmet višegodišnjih istraživanja.

Za fitoremedijaciju kontaminiranog zemljišta korišćena je biljka fitoakumulator *Brassica juncea*.

Ekperimenti su dokazali da korišćenjem sintetskih helata u procesu fitoremedijacije raste preuzimanje olova (teških metala) u biljku.

Fitoremedijacija je inovativna tehnologija za Održivi razvoj, koja čisti zagađeno zemljište upotrebom biljaka-hiperakumulatora.

UVOD

Koncept Održivog razvoja predstavlja društveni razvoj ljudskog roda u saglasnosti sa ekonomskim razvojem i zaštitom životne sredine.

Na Svetskom Samitu u Riju 1992. godine donet je globalni plan akcija za održivi razvoj – Agenda 21.

Napravljene su preporuke u okviru Strategija održivog razvoja za razvijene zemlje i zemlje u razvoju u različitim oblastima, kao što su: čist vazduh i voda, snabdevanje vodom, energija, korišćenje zemljišta, domaćinstva, upravljanje otpadom, transport i zdravstvena zaštita ljudi.

Opređeljenost za Održivi razvoj je učešće Republike Srbije u procesu »Životna sredina za Evropu«. Buduće generacije zavise od sadašnjih.

Na globalnom i lokalnom nivou potrebne su tehnologije za smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte i za revitalizaciju čovekove okoline. Za smanjenje oštećenja čovekove okoline traži se alternativa za fosilna goriva. Ide se u pravcu upotrebe obnovljivih izvora energije (vetar ili solarna energija) i uvodjenje reciklaže u svim procesima, jer je to put u pravcu održivosti.

ODRŽIVI RAZVOJ I FITOREMEDIJACIJA

Fitoremedijacija je nova tehnologija koja se bazira na korišćenju viših biljaka u procesima čišćenja zagađene okoline. Fundamentalna i primenjena istraživanja su nedvosmisleno pokazala da odabrane vrste biljaka imaju sposobnost da uklone, degradiraju, metabolišu ili imobilizuju širok spektar kontaminanata. Fitoremedijacija, kao i Održivi razvoj, bazira se na implementaciji tri osnovne komponente: zaštititi čovekove okoline, ekonomskom razvoju i socijalnoj jednakosti.

Fitoremedijacija za Održivi razvoj se bazira na smanjenju zagađenih terena.

Fitoremedijacija koristi znanja iz prirode za zaštitu okoline.

Fitoremedijacija je inovativna tehnologija za Održivi razvoj za dekontaminaciju zagađenih voda, zemljišta, jalovine, korišćenjem biljaka.

Fitoremedijacija je nov, ekonomičan i prijateljski naklonjen prema okolini, pristup za uklanjanje toksičnih metala iz opasnih otpadnih materijala i zagađenih zemljišta korišćenjem Sunčeve energije.

Primena fitoremedijacije pod našim klimatskim uslovima ima pozitivne i naučne potvrde u in situ i ex situ projektima. In situ primena je češća.

Podrška Održivom razvoju u smanjenju zagađenja i čišćenju terena zagađenih otpadnim materijalima je suština istraživanja sprovedenog od strane autora rada.

CILJ RADA

- Primena principa Održivog razvoja na globalnom i lokalnom nivou
- Promovisanje ekonomskog razvoja i zaštite čovekove okoline korišćenjem fitoremedijacije
- Povećanje ekološke svesti javnosti

OPIS PROBLEMA

Ljudskim aktivnostima vezanim za industrijske aktivnosti, za proizvodnju energije, za vađenje i distribuciju ruda, saobraćaj i dr. nastaju zagađujuće materije. Nastale zagađujuće materije dospevaju u vazduh, vode i zemljište. Zagađujuće materije iz vazduha gasovite ili u obliku aerosola uglavnom vremenom dospevaju u zemljište, a zatim u podzemne i površinske vode.

Zemljište može biti degradirano kao rezultat antropogenih aktivnosti - generisanjem zagađujućih materija

Glavni problemi su nepovratni gubitak zemljišta zbog rasipanja i erozije, kontinuirane kontaminacije iz različitih izvora, acidifikacija, salinizacija, stvrdnjavanje i opustinjenje. Zagađujuće materije u odnosu na zdravlje ljudi i životinja mogu biti toksične, kancerogene, teratogene, alergogene, mutagene, bio-akumulativne. U vremenu, u zavisnosti od supstrata u kojem su se našle, zagađujuće materije se degradiraju, različitom brzinom. U zagađujuće materije zemljišta, koliko su istraživanja pokazala na prostorima Republike Srbije, spadaju: teški metali, pesticidi, PCB, PAH ovi, radionuklidi, kisele kiše, otpadne vode, čestice prašine, uglja, ruda, patogeni organizmi i dr. Pod dejstvom zagađujućih materija, degradirano zemljište se samoprečišćava, sve dok tu mogućnost ne izgubi.

Ukoliko se degradaciji zemljišta ne bi posvetila odgovarajuća pažnja, posebno kad je reč o kontaminaciji teškim metalima, pesticidima, radionuklidima i drugim opasnim materijama iz različitih izvora, moglo bi da dođe do pojave tzv. „hemijske vremenske bombe“, koja se može uporediti sa metastazom raka u ljudskom organizmu. (P. Sekulić, Kastori R., 2003.)

Teški metali, kao što su, kadmijum, živa, nikl, olovo, uranijum, bakar, gvožđe, mangan, kobalt, cink i dr. su toksične supstance, koje se uključuju u lanac ishrane predstavljaju veliki rizik za biodiverzitet na dugoročnom nivou. Rizik može imati različite oblike: pogoršavanje zdravlja ljudi, životinja ili biljaka, oštećenje objekata ili strukture na zemljištu, kontaminacija podzemnih ili površinskih voda koje su u kontaktu sa zemljištem. Dejstvo toksičnih metala zavisi od oblika u kome se kontaminant nalazi što dalje utiče na njegovo ponašanje u zemljištu. Mobilnost kontaminanata zavisi od pH zemljišta i vrste istih. Naprimera As i Se su mobilniji u alkalnom pH dok su Hg, Pb, Cd i Zn mobilniji u kiselom pH zemljištu (Adriano, 1986; Alloway, 1990). Uticaj pH na radionukleide i organska jedinjenja je relativno specifičniji.

Odgovor naučnika na probleme vezane za zagađenja zemljišta i otpadnih voda, su pokušaji , kao i nastala rešenja, za mogućnosti prečišćavanja.

Tako su prirodni procesi vezani za sposobnosti određenih biljaka, iskorišćeni u svrhu remedijacija , čišćenja zemljišta i otpadnih voda.

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 deo izdanka, se ostvaruje mogućnost dekontaminacije zemljišta i tehnogenih supstrata. Posle korišćenja zelenih biljaka za čišćenje terena, dekontaminirano zemljište može biti korišćeno za poljoprivredu.

U svetu odrađena istraživanja i primena fitoremedijacije, pokazuju da su Amerikanci, Kinezi i Englezi prema objavljenim radovima u prednosti. Posebno su nam pomogla istraživanja u oblasti primenjenih fitoremedijacija naučnika Salt, Baker, Lasat, Raskin, Chaney, Adriano, R., Malik, M., Yin, L., Brown, Brewer, Krämer, Hung. J.W., Cnningham S.D., na čemu smo im veoma zahvalni.

FITOREMEDIJACIJA U REPUBLICI SRBIJI

Potreba za čišćenje zagađenih terena -mesta sa opasnim otpadom, u Srbiji postoji. Rešenje kroz primenu fitoremedijacije, se nameće kao alternativa skupim i agresivnim poznatim procesima čišćenja supstrata životne sredine.

Fitoremedijacija je primenjena na više terena u Srbiji, pri čemu je uspešno delovalo na:

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

Za čišćenje zemljišta iz okoline Fabrike akumulatora Sombor korišćena je biljna vrsta iz roda sp. Brassicacea, Brassica juncea i Brassica napus. Istraživanja su pokazala da je upotrebljena biljna vrsta sposobna da fitoakumulira, degradira olovo i dr. toksične metale iz zemljiša. Primena fitoremedijacije se može ubrzati dodavanjem helatnih agenasa. Dodavanjem helatnih agenasa: limunske kiseline i EDTA akumulacija olova se povećava nekoliko desetina puta. U istraživanju za čišćenje Uranijuma došli smo do saznanja da na akumulaciju i translokaciju urana u zemljištu jako utiče pH reakcija zemljišnog rastvora. Pri smanjenju pH na vrednost 5,0 akumulacija urana se povećava 14 puta. Helatni agensi kao što su limunska, sirćetna kiselina, EDTA i HEDTA povećavaju akumulaciju urana nekoliko stotina puta.

MATERIJALI I METODE

Fitoremedijacija je metod u kome koristimo zelene biljke za čišćenje terena zagađenih opasnim otpadom. Fitoremedijaciju smo primenili ex situ , kontinuirano i indukivano, za čišćenje kontaminiranih terena od toksičnih metala.

Istraživanje se sastoji od više manjih istraživanja

1. identifikacija terena
2. hemijske analize zemljišta pre upotrebe fitoremedijacije
3. sađenje biljaka fitoakumulatora

4. primena agrikulturnih i tehničkih mera za rast i razvoj biljaka
5. sakupljanje i sušenje biljaka
6. analiza zemljišta posle završene fitoremedijacije
7. hemijske analize zelenih ostataka biljaka
8. određivanje koeficijenta koncentracije CF biljaka

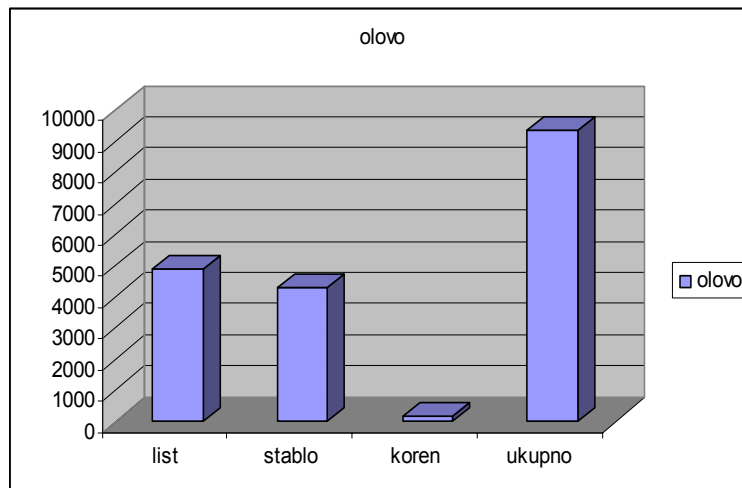
REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Fitoakumulacija olova iz zemljišta - indukovana fitoekstrakcija podrazumeva tok fitoremedijacije sa indukcijom (dodavanjem helatnih agenasa).

U toku 2000 -2001 godine sprovedeno istraživanje indukovane ili vođene fitoremedijacije ex situ na zemljištu sa kontaminiranog terena, primenom biljne vrste Brassica juncea.

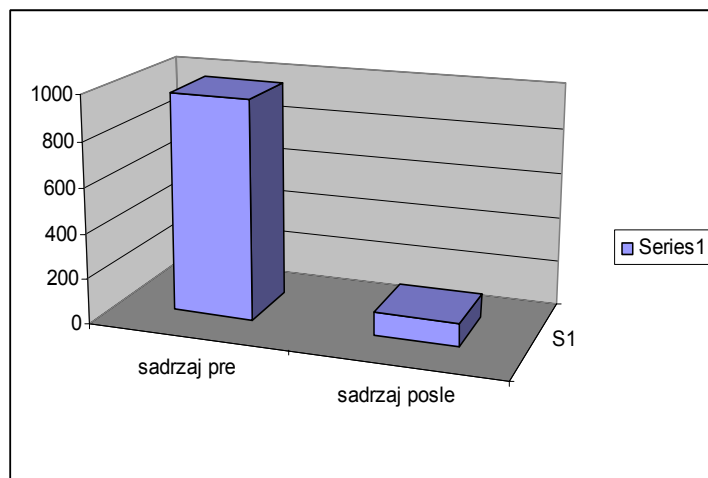
Usvajanje olova iz zemljišta od strane biljne vrste Brassica juncea, izraženo (mg/kg) suve materije. Rezultat, su dati kao prikaz sadržaja olova u delovima ispitivane biljke Brassica juncea, nakon fitoremedijacije, ukupno 9342,62 mg/kg.

Grafikon broj 1. Raspored usvojenog olova u biljnoj vrsti



Najviše olova Brassica juncea je akumulirala i translocirala u zelene listove, stablo i u koren. Sadržaj olova u zemljištu nakon primene u jednoj žetvenoj sezoni indukovanom fitoremedijacijom je snižen, u odnosu na sadržaj pre primene fitoremedijacije. Sadržaj olova, u zemljištu je snižen više od devet puta, u odnosu na sadržaj pre primene indukovane fitoremedijacije.

Grafikon broj 2. Sadržaj olova u zemljištu pre i posle fitoremedijacije



Dobijeni rezultati predstavljaju vrlo dobro odrađenu fitoremedijaciju. Dobijena je potvrda da su visoke koncentracije akumuliranog olova u biljci postignute prisustvom limunske kiseline i EDTA.

Indukovana fitoremedijacija, predstavlja predlog za primenu, kada god uslovi za to dozvoljavaju.

Preračunavanja i modeliranje iz eksperimenta

Dobijeni rezultati istraživanja mogu poslužiti za određivanje faktora koncentracije primenom jednačine:

$$CF = \frac{C_{L(Pb)}}{C_{Z(Pb)}}$$

CF- faktor koncentracije biljke, mg/kg

$C_{L(Pb)}$ – koncentracija olova na suhu materiju biomase u

biljnim ostacima na kraju eksperimenta = 9342,62 mg/kg

$C_{Z(Pb)}$ – početna koncentracija olova u zemljištu pre istraživanja = 972,31 mg/kg

$$CF = 9342,62 / 972,31,$$

$$CF = 9,61$$

Prema podacima iz literature (Salt et al., 1995), CF faktor za olovo kod Brassice juncee se nalazi u rasponu od (1-10). Ex situ, istraživanje indukovane fitoremedijacije za olovo, iz zemljišta, testirana biljka Brassica juncee, je pokazala visoko dobre rezultate.

ZAKLJUČAK

Prema zahtevima biljke fitoremedijatori, se mogu upotrebiti u različitim supstratima u životnoj sredini : za čišćenje vazduha, površinskih voda, otpadnih voda, zemljišta, tehnogenih supstrata. Za čišćenje kontaminiranog zemljišta i tehnogenih supstrata upotrebljena je biljna vrsta (*Brassica juncea*). Istraživanja su sprovedena i sa drugim biljkama fitoremedijatorima (*Brassica napus*, *Helianthus annuus*, *Clamagrostis epigeios*, *Tussilago farfara*, *Sysimbrium orientale*) na kontaminiranim terenima.

Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja, primena fitoremedijacije na terenima na području Srbije, nova biotehnologija se može preporučiti za dalju primenu u praksi. Istraživanjem se došlo do saznanja (*Brassica juncea*) poseduje sposobnosti prirodne adaptacije na istraživanom području u Vojvodini i širem delu Srbije.

Rešenje kroz primenu fitoremedijacije, se nameće kao alternativa skupim i agresivnim poznatim procesima čišćenja supstrata životne sredine. Prednost fitoremedijacije u odnosu na druge poznate tehnologije za uklanjanje toksičnih metala iz zemljišta je ekonomski isplativiji jer ima nižu cenu koštanja. Ova tehnologija ne dovodi do degradacije ekosistema kao što je slučaj sa primenom ostalih tehnologija za prečišćavanje.

LITERATURA

1. Adriano D.C., A. Chlopecka, D.I. Kaplan. H. Clijsters, and J. Vangronsveld., Soil contamination and remediation: Philosophy, science, and technology. p. (465-504), In R. Prost (ed.) Contaminated Soils 3rd Int. Conf. on the Biogeochemistry Trace Elements, Paris. 15-19 INRA Press, Paris, May- 1995.
2. Asami T., Soil pollution by metals from mining and smelting activities. p. (144-169), In W. Salomons and U. Forstner (ed.) Chemistry and biology of solid waste. Springer-Verlag. Berlin, 1988.
3. Baker AJM., Reeves RD., McGrath SP., In situ decontamination of heavy metal polluted soils using crops of metal – accumulating plants – a feasibility study, In Situ Bioreclamation, eds, RE Hinchee, RF Olfenbuttel, Butterworth – Heinemann, pp (539-544), 1991.
4. Blagojević B., Contaminated environment and the medicinal plants, FZR Niš, 2003.
5. Blagojević B., Đorđević A., Jovanović E., Vlajković M., Dedić S., Usage of the green plants for cleaning up the lead from the soil- Phytoremediation, Medicinal Plant Report, Vol. 10, No 10, (64- 69), Novi Sad, 2003.
6. Chaney R., Malik, M., Yin, L., Brown, S., Brewer, S.A. and Baker, A., Phytoremediation of Soil Metals. Biotechnology (8: 279-284)1997
7. Đorđević-Miloradović J., Vlajković M., Phytoremediation for the decontamination of heavy metals and radio-nuclides from soil in cities on the model of the Factory of the accumulators - Sombor, Eco-Conference 2001 - Novi Sad, (87 - 92), 2001
8. Đorđević - Miloradović. J., Miloradović. M., Vlajković. M., Phytoremediation- new technology for cleaning up the rare elements and metals from the ash, ELEKTRA II – ISO 14000, Tara (197-

- 201), 02.
9. Đorđević - Miloradović. J., Vlajković M., Martić M., Phytoremediation of the soil contaminated by uranium : ex situ, phytoextraction of uranium by using *Brassica Napus* , Conference for flora Souterrh Eneast Srbije and relatd areas, Dimitrovgrad, (106 - 107), 2002.
 10. Đukanović Mara, Ecology, Ecourbology, and Environment Science, Ecologica br.2. Beograd, 1994.
 11. . EPA A Citizen's Guide to Bioremediation, EPA 542-F-96-007. 1996
 12. . Jablanović M., Plant in the contaminated environment, Csiences book, Belgrade, 1991.
 13. Janković M.M., Biodiversity, Institute of Protection Nature, Beograd, 1995.
 14. Jeanna R. Henry, An Overview of the Phytoremediation of Lead and Mercury, 2002.
 15. Kabata-Pendias, A., and D.C Adriano., Trace metals. p. (139-168), In J.E. Rechigl (ed.) Soil amendments and environmental quality, CRC Press , Boca Raton, F L, 1995
 16. Kastori R., Heavy metals in the environment, 1997, Sciences Institute for Agronomy , Novi Sad.
 17. Kumar N., PBA., Dushenkov. V., Motto. H., Raskin. I., Phytoextraction: The Use of Plants to Remove Heavy Metals from Soil, Environ. Sci. Tehnol. 29(5): (1232-1238), 1995.
 18. Salt D.E., Smith R.D., Raskin I., Phytoremediation, Annu Rev. Plant Physiol. Plant Mol. 643-668, 1998.
 19. Sanitary Ecology Society of Belgrade , (2004.) Phytoremediation - Cleaning of heavy metals from the soil terain area Livnica Rakovica, Belgrade, Serbia and Montenegro
 20. Sokolović S., Modern methods of the remediation of the soil., Sajam Ecology Soil, Novi Sad, 2003.
 21. Sekulić P., Kastori R., Hadžić V., Soil protection from the degradation, Sciences Institute for Agronomy, Novi Sad, 2003.
 22. Veselinović D., Gržetić I., Đarmati Š., Marković D., Conditions and processes in the environment, Univerzitet of Belgrade, 1995.
 23. Vlajković, M., Blagojević, B., Đorđević Miloradović, J., Đarmati D., Possibilities for decontamination of the soil contaminated by toxic metals CHYMICUS II, Tara (148- 151), 2003.
 24. Vlajkovic, M., Blagojevic, B., Djordjevic, -Miloradovic., Stupar, M., (2001.) Phitoremiation processes- possibilites for environmental decontamination, Tradicionalni oktobarski susreti zdravstvenih radnika R Srbije, (266-267) Zlatibor, Serbia and Montenegro
 25. Vlajkovic, M.,. (2004.) Fitoremediation of the soil contaminated by lead, Magistarska teza, Fakulty of Occupational Protection , Nis, Serbia and Montenegro
 26. White P.J., Phytoremediation assisted by micro-organisms Trends in Plant Science 6 (11), 502, 2001.