



TREĆI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA-2015

ZBORNİK Politehnika RADOVA 2015

Beograd, 04. decembar 2015. godine



Izdavač
VISOKA ŠKOLA STRUKOVNIH STUDIJA
BEOGRADSKA POLITEHNIKA

Za izdavača
prof. dr Živko Stjelja

Urednici
prof. dr Šimon Đarmati
prof. dr Marina Stamenović
Predrag Maksić
prof. dr Dragutin Jovanović
prof. dr Dragoslav Ugarak

Tehnička priprema i dizajn korica
mr Duško Trifunović



**TREĆI NAUČNO-STRUČNI SKUP
POLITEHNIKA-2015**

ZBORNİK RADOVA

**ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE
RECIKLAŽNE TEHNOLOGIJE,
DIZAJN I TEHNOLOGIJE
MENADŽMENT KVALITETOM
BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU**

Beograd, 2015.

PROGRAMSKI ODBOR

Prof. dr Mirjana Ristić, *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd, predsednik*
Radmila Šerović, *Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine*
Gordana Perović, *Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine*
Prof. dr Jacques Yvon, *Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL) Nancy, France*
Prof. dr John Turpin, *High Point University, Dean of the School of Art Design, USA*
Prof. dr Irena Pulko, *Polymer Technology College, Slovenia*
Prof. dr Qiang Ren, *Associate Professor of Materials and Engineering, Changzhou University, China*
Dr Ana Westenberger, *University in Lübeck, Germany*
Dr Denis Krndija, *Institut Curie, Paris, France*
Prof. dr Ratko Nikolić, *Nacionalni savet za visoko obrazovanje*
Prof. dr Mirjana Vojinović-Miloradov, *profesor emeritus, Univerzitet Novi Sad*
Prof. dr Žarko Janković, *Univerzitet u Nišu, Fakultet zaštite na radu, Niš*
Prof. dr Zoran Marković, *Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, Bor*
Prof. dr Vojkan Božanić, *Univerzitet u Beogradu, Fakultet organizacionih nauka, Beograd*
Prof. dr Novica Staletovic, *Univerzitet Union-Nikola Tesla, Fakultet za ekologiju i zastitu zivotne sredine, Beograd*
Prof. dr Zoran Blažina, *Fakultet primenjenih umetnosti, Univerzitet umetnosti u Beogradu*
Prof. dr Miloš Jelić, *Beogradska politehnika, Istraživačko razvojni centar ALFATEC, Beograd*
Prof. dr Nada Štrbac, *Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, Bor*
Prof. dr Dragan Povrenović, *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd*
Vera Božić-Trefalt, *direktorka Uprave za bezbednost i zdravlje na radu*
Prof. dr Janko Hodolić, *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Prof. dr Miodrag Hadžistević, *Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*
Prof. Zvonko Petković, *Visoka škola SPC za umetnost i konservaciju*
Prof. dr Zoran Gavrić, *Univerzitet umetnosti u Beogradu, Fakultet primenjenih umetnosti*
Prof. dr Mariela Cvetić, *Univerzitet u Beogradu, Arhitektonski fakultet, Beograd*
Prof. dr Aleksandar Marinković, *Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet, Beograd,*
Dr Radivoje Jevtić, *naučni savetnik, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*
Prof. dr Grozdanka Bogdanović, *Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, Bor*
Prof. dr Aleksandra Jovanić, *ALFA Univerzitet, Akademija umetnosti, Beograd*
Prof. dr Radoje Pantović, *Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet, Bor*
Prof. dr Živko Stjelja, *Beogradska politehnika*
Prof. dr Šimon Đarmati, *Beogradska politehnika*
Prof. dr Dragoslav Ugarak, *Beogradska politehnika*
Prof. dr Dragutin Jovanović, *Beogradska politehnika*
Prof. dr Marina Stamenović, *Beogradska politehnika*
Aleksandar Kutrički, *Beogradska politehnika*
Prof. mr Duško Trifunović, *Beogradska politehnika*
Mr Rade Pejović, *Beogradska politehnika*
Prof. mr Milorad Mihajlović, *Beogradska politehnika*
Prof. dr Olivera Jovanović, *Beogradska politehnika*
Prof. dr Vitomir Miladinović, *Beogradska politehnika*

ORGANIZACIONI ODBOR

Prof. dr Marina Stamenović, *predsednik*
Prof. dr Olivera Jovanović, *zamenik*
Mr Vesna Alivojvodić, *Srdan Trajković*
Nebojša Ćurčić, *Predrag Maksić*
Aleksandra Božić, *Novak Milošević*

RECENZENTI

prof. dr Marina Stamenović, mr Vladimir Pavićević, mr Dominik Brkić, prof. mr Milorad Mihajlović, mr Vesna Alivojvodić, prof. dr Olivera Jovanović, prof. dr Šimon Đarmati, prof. dr Borivoje Rodić, prof. Zvonko Petković, mr Rade Pejović, mr Jelena Zdravković, Jelena Drobac, Predrag Maksić, prof. dr Vojislav Božanić, prof. dr Miloš Jelić, prof. dr Borivoje Rodić, prof. dr Živko Stjelja, prof. dr Vitomir Miladinović, prof. dr Saša Marković, prof. dr Dragutin Jovanović, prof. dr Koviljka Banjević, mr Aleksandra Nastasić, prof. dr Dragoslav Ugarak, prof. dr Darja Žarković, prof. dr Svetozar Sofjanić.



ULOGA KARAKTERIZACIJE POLUTANATA PRI FITOREMEDIJACIJI JALOVIŠTA I PEPELIŠTA

Ivana Jelić, Fakultet za primenjenu ekologiju – Futura, Univerziteta Singidunum, iva.jelic@gmail.com

Izvod

Uloga karakterizacije i kvantifikacije polutanata devastiranih zemljišta od izuzetne je važnosti pri procesu njihove fitoremedijacije. Kontaminirana zemljišta se po svojim karakteristikama razlikuju od plodnog zemljišta po sastavu i koncentraciji toksičnih materija, količini vlage, nutrienata, huminskih supstanci i ostalim pedološkim karakteristikama. Fizičko-hemijskim, biološkim i tehnološkim analizama moguće je definisati nivo kontaminacije i mere koje su neophodne da bi se izvršila remedijacija ovakvih zemljišta radi preventivencije daljeg zagađivanja i pripreme zemljišta za konačnu prenamenu. Ovaj rad se bavi karakterizacijom jalovišta ugljenokopa i pepelišta termoelektrana nastalim eksploatacijom uglja u svrhu dobijanja električne energije. Pravilnim monitoringom i izborom remedijacionih biljaka ovi deposoli mogu da posluže za gajenje ekoremedijacionih zasada, posebno drvenastih kultura, koje dalje mogu da se koriste u građevinarstvu, drvnoj industriji ili kao biomasa za dobijanje energije. Izbor biljnih kultura zavisi od vrste kontaminacije, sposobnosti biljaka da detoksifikuju ove devastirane deposole uz dodatne agro-mere, kao i mogućnosti da njihovi korisni delovi ostanu nekontaminirani kako bi kasnije poslužili kao sirovina. Na osnovu nivoa i vrste kontaminacije biraju se pogodne biljne kulture, vrši biomonitoring procesa i određuje efekat revitalizacije zemljišta. U tekstu je najviše pažnje posvećeno hemijskom sastavu, pravilnom uzorkovanju, pripremi uzoraka i fizičko-hemijskim analizama deposola i biljnog materijala, koji zajedno predstavljaju čvrste uzorke.

Ključne reči: karakterizacija, fitoremedijacija, biomasa, deposoli, polutanti

POLLUTANTS CHARACTERIZATION ROLE IN PHYTOREMEDIATION OF COAL TAILINGS DAMS AND ASH PONDS

Abstract

Characterization and quantification pollutants role of devastated soils has significant importance in their phytoremediation process. Characteristics of contaminated soils are different from fertile soils by composition and concentration of toxic substances, amount of moisture, nutrients, humic substances and other pedological characteristics. By physico-chemical, biological and technological analyses, it is possible to define contamination level and necessary measures for complete soil remediation for further pollution prevention and preparation for final adaptation. This paper deals with characterization of coal tailings dams and thermoelectric power plant ash ponds occurred by electricity production process. With proper monitoring and remediation plants selection these deposols could be used for growing ecoremediation biomass, especially woody cultures, which could be used in construction and wood industry or as energetic biomass. Choice of plants depends on contamination type, ability of plants to detoxify devastated deposols with additional agro-measures, as well as possibility of their useful parts to remain uncontaminated for later usage as raw material. Selection of suitable plants, biomonitoring and determination of soil revitalization effect are based on contamination level and type. This text is focused on chemical composition,

proper sampling, sample preparation and physico-chemical analyses of deposols and plant material, which both are the solid samples.

Keywords: characterization, phytoremediation, biomass, deposols, pollutants

UVOD

U ovom radu sugerisani su mogući polutanti jalovišta ugljenokopa i pepelišta termoelektrana(1), kao i načini za njihovo bezbedno otklanjanje. Opisana je karakterizacija polutanata pri procesu fitoremedijacije ovih deposola u cilju njihove rekultivacije i smanjenja erozije tla(2), kao i proizvodnje biomase za dalje korišćenje u građevinarstvu, drvnoj industriji ili energetici. Navedene metode karakterizacije podrazumevaju fizičko-hemijske, mikrobiološke, i pedološke analize.

Iako su polutanti i njihove koncentracije na ovakvim deposolima i u remedijacionim kulturama često uobičajene, potrebno je sprovesti kvalitativnu i kvantitativnu analizu tla pre, tokom i posle rekultivacije, kao i analizu biljnog tkiva nakon ovog procesa. Ovo je neophodno zbog izbora pogodnih biljnih kultura(1,2) i biotehničkih metoda sanacije, odnosno pripreme za biološke mere meliorizacije i uzgoj izabranih biljaka(2), kao i zbog monitoringa i ostvarivanja pozitivnih efekata rekultivacije. Takođe, nakon fitoremedijacije neophodno je analizirati stanje zemljišta i biomase zbog opasnosti i od kontaminacije korisnih delova biljke, posebno teškim metalima, koje mogu dalje da se eksploatišu kao repro-materijal(3,4).

Dosadašnje studije su pokazale da je sastav kontaminiranog zemljišta nakon precizno isplanirane obrade i meliorizacije pogodan za uzgoj više vrsta biljaka, kao i za spontano rastuće biljke. Na osnovu ovoga, može da se očekuje da i eksperimentalne analize određenih deposola pokažu veoma zadovoljavajuće rezultate rekultivacije(2).

ANALIZA ČVRSTOG MATERIJALA

Uloga karakterizacije i kvantifikacije polutanata u čvrstim uzorcima, u ovom slučaju u uzorcima deposola i biljkama korišćenim za njihovu remedijaciju, raznim analizama neophodna je za sprovođenje mera revitalizacije ovih zemljišta i definisanje biomase kao sekundarne sirovine. Biomonitoring čine elementarna analiza, kvalitativna i kvantitativna analiza makroelemenata (jona), mikroelemenata i teških metala – obavezno određivanje najvažnijih elemenata (natrijum, kalijum, kalcijum, magnezijum, azot i fosfor), organskih jedinjenja, određivanje pH-vrednosti, količine humusa i vode (vlage), prisustvo nutrienata, mikroorganizama i enzima.

Rezultati hemijskih ispitivanja deposola nastalih eksploatacijom uglja i ekoremedijacionih biljaka obično pokazuju da se radi o alkalnim sredinama sa neznatnim sadržajem organske supstance, koja dominantno potiče od nesagorelog uglja u termoelektranama ili njegovih primesa. Biološki materijal analizira se na sličan način kao i zemljište. Biljni materijal obično sadrži više vode, pa je neophodno paziti da ne dođe do stvaranja emulzije što se postiže korišćenjem polarnih rastvarača za ekstrakciju. Međutim, treba napomenuti da su i otvoreni deposoli bogati vodom, što zbog izloženosti atmosferskim padavinama i prisutne vlage u vazduhu, što zbog planiranog raspršivanja vode (hidratacije) kako bi se sprečilo širenje mikročestica jalovine ili čestica pepela u atmosferu.

S obzirom da se radi o čvrstoj materiji, uzorkovanje zemljišta treba da bude precizno sprovedeno, kao i priprema i analiza uzorka. Uzorovanje biomase podleže sličnim kriterijumima, s tim što je pored toga što je neophopno uzeti uzorke sa različitih delova deposola, kod biljnog materijala bitno ispitati i sve delove biljke – lišće, stablo i koren. Na osnovu literaturnih podataka ne treba očekivati kontaminaciju stabla, jer se toksični metali najčešće deponuju u korenu ili lišću, što je važno zbog njegove kasnije potencijalne upotrebe. Kontaminacija sekundarne sirovine, odnosno stabla biljke, ne očekuje se i zbog procesa meliorizacije zemljišta zeolitima koji imaju odličnu moć adsorpcije toksičnih materija i potpomažu navedene procese fitoremedijacije. Eksperimentalne analize potvrđuju ovakve pretpostavke.

1. Degradirana zemljišta

Odlaganje jalovog (otpadnog) materijala predstavlja jedan od osnovnih procesa u tehnologiji površinske eksploatacije uopšte. Postoje značajne površine odlagališta jalovine nakon dobijanja kvalitetnog uglja (površinski kopovi mrkog uglja i lignita) i pepelišta nakon njegovog sagorevanja u termoelektranama. Ovakva zemljišta se često ne koriste uopšte (npr. kao šumsko ili poljoprivredno zemljište) i nisu rekultivisana. Treba pridodati i nove površine koje se stalno stvaraju ili uvećavaju.

U okviru rekultivacije degradiranih površina primenjuju se tehničke, biotehničke i biološke mere. Tehničke mere doprinose poboljšanju otpornih i deformabilnih karakteristika odlagališta, koje direktno utiču na povećanje eroziona stabilnosti kosina spoljašnjih odlagališta jalovine i pepela. Zatim slede biotehničke mere koje doprinose bržem postizanju i održavanju trajne stabilnosti odlagališta. One podrazumevaju pravilan izbor i primenu vegetacije koja će, zajedno sa tehničkim merama, dovesti do trajne stabilnosti deponija, kako u horizontalnom, tako i u vertikalnom pravcu. Ovo obuhvata gajenje leguminoza (mahunarki) na ravnim deponijama kao đubriva radi pripreme za poljoprivrednu proizvodnju, dok se na kosinama uglavnom vrši pošumljavanje. Nakon ovih mogu da se sprovedu biološke mere rekultivacije odlagališta. Biološke mere podrazumevaju primenu poljoprivrednih i šumskih melioracija koje doprinose stabilnosti i održavanju rekultivisanih površina, ali su mnogo značajnije sa aspekta revitalizacije prostora i uspostavljanja prirodnih životnih zajednica (biocenoza).

U zavisnosti od dalje namene prostora na kome se nalaze jalovišta ili pepelišta, postoje dva ekološka procesa:

- Prenamena površine – rekultivacija: proces zatvaranja i preuređivanja oblasti nakon prestanka korišćenja. Rekultivacija se vrši u okviru rudnika, kamenoloma, jalovišta i deponija u cilju sanacije ovih površina. Proces obuhvata sprečavanje dalje erozije, jačanje i stabilizaciju podloge, drenažu, nasipanje i natkrivanje, melioraciju, ozelenjavanje i pošumljavanje.
- Aktivni deponiji – remedijacija: proces preduzimanja mera za zaustavljanje daljeg zagađenja i degradacije životne sredine do nivoa koji je bezbedan za buduće korišćenje (prenamenu) lokacije uključujući uređene prostora, revitalizaciju (oživljavanje) i rekultivaciju.

Na osnovu teorijskih podataka, dobijenih dugogodišnjim analizama jalovišta ugljenokopa i pepelišta termoelektrana, može da se zaključi da postoje velike mogućnosti revitalizacije ovih deponija. Zbog toga je neophodno sprovesti pedološke (količina stena, gline, humusa i sl.), fizičko-hemijske i mikrobiološke analize izabranih deponija za rekultivaciju i na osnovu toga odabrati najadekvatnije biljne kulture za njihovu fitoremedijaciju. Meliorizacija devastiranih deponija omogućava još bolji učinak planiranih ekoloških procesa. Najpoželjniji odnos faza zemljišta je 45% mineralne i 5% organske materije, sa po 25% vode i vazduha. Ovakav bilans je najoptimalniji za pravilan i neometen razvoj korenovog sistema biljaka. Retki i toksični elementi i jedinjenja najviše su koncentrisani u pepelu nakon sagorevanja uglja, zatim u jalovini, a najmanje u zemljištu.

1.1. Jalovišta

Eksploatacija uglja površinskih kopova je direktan vid uništavanja zemljišta mehaničkim putem. Početak eksploatacije, odnosno otvaranje kopa uglja je trenutak kada dolazi do tzv. dvostrukog zauzimanja prostora. Jedan predstavlja prostor otkopa, a drugi prostor za odlaganje jalovine koja se obično deponuje na obližnjem, često produktivnom zemljištu. Radi uštede prostora neophodnog za prvu fazu odlaganja jalovine na spoljnom odlagalištu deponuju se velike količine materijala različite strukture i formiraju se brda jalovine koja visinom nadmašuju kote terena u okolini za oko 50-60m.

Rekultivacija jalovišta može da se podeli na dve faze. Tehnička faza treba da okonča ravnjanje površina na odlagalištima i nanošenje humusno-akumulativnog sloja tako da odlagališta odmah postanu pogodna za obradu i upotrebu odgovarajućih poljoprivrednih mašina. Drugi deo rekultivacije predstavlja agrobiološki deo koji kao zadatak ima biorekultivaciju jalovine i njenu pripremu za prevođenje u plodno zemljište osposobljeno za namenu poljoprivredne ili šumarske proizvodnje. Sama dinamika rekultivacije ide veoma sporo, jer je vezana za dinamiku odlaganja jalovinskog materijala (ako je odlagalište još uvek aktivno), tehničku fazu rekultivacije i sukcesivnu biološku

rekultivaciju. Nakon ovih procesa slede mere melioracije. Kod formiranja deponije jalovine do sada se nije mnogo vodilo računa o biološkom sastavu tla koje je ostajalo ispod, pošto se do uglja obično dolazilo kopanjem zemljišta bez prethodnog sklanjanja plodnog dela, pa se plodno zemljište mešalo sa jalovinom i humusni sloj je ostajao zatrpan i neiskorišćen.

Sastav zemlje je dosta heterogen i pripada peskovito-glinovitim ilovačama(1-4), sa daleko više gline nego peska, dok je jalovina obično slabo do srednje karbonatno zemljište. U pogledu sadržaja mikroelemenata postoje različiti podaci, ali su generalno deposoli jalovine dobro obezbeđeni mikroelementima (Cu, Zn, Mn, Co, Mo, B), a koncentracije pojedinih metala i nemetala nisu na toksičnom nivou. Jalovina se odlikuje nešto većim sadržajem teških metala (Pb, Cd, Ni, Cr, As, Hg) nego zemljište, a biljke ih usvajaju i akumuliraju. Ovo može da predstavlja rizik po životnu sredinu, posebno kroz lanac ishrane. Koncentracije taložnih materija, čvrstih čestica i sumpornih oksida uglavnom prelaze granične vrednosti. U sastavu jalovine skoro da nema mikroorganizama(2-4).

Nakon rekultivacije sprovedene tokom više godina dolazi do promene u fizičko-hemijskim svojstvima jalovinskog materijala, flore i biogenih svojstava u brojnosti i diverzitetu mikroorganizama. Početna mala brojnost bakterija u površinskom sloju zemljišta povećava se tokom rekultivacije od 100 do 1000 puta. Pedološke promene uzrokuju prelaz od glinovitog do glinovito-ilovastog zemljišta, snižava se pH-vrednost, povećava sadržaj humusa i azota, a smanjuju koncentracije kalcijuma i kalijuma. Vegetacija se obrazuje i kroz spontanu rekolonizaciju(2-4).

1.2. Pepelišta

Termoelektrane, pored štetnih emisija gasova i otpadne toplote, proizvode velike količine pepela i šljake koje je potrebno bezbedno odložiti. Jedan od značajnijih problema, u ovom slučaju, svakako je obrazovanje pepelišta. Proces trajnog odlaganja otpada nakon sagorevanja uglja trebalo bi da spreči njegov štetni uticaj na životnu sredinu. Rekultivacija se radi da bi se smanjila šteta po vazduh, vodu i zemljište. Fitoremedijacija deponije pepela zahteva pravilan izbor otpornih biljnih vrsta i primenu većih količina đubriva(3).

Pri sagorevanju ugljeva produkuje se veoma velika masa pepela sa štetnim i opasnim materijama koje se u njemu nalaze – razni metali, posebno teški metali i radionuklidi, kao i neisparljiva organska jedinjenja koja potiču od nepotpunog sagorevanja uglja ili organskih primesa rude.

Hemijski sastav pepela iz termoelektrana je različit, pri čemu se smatra da zavisi od starosti ugljeva čijim je sagorevanjem dobijen (3-4). Kod visoko-kaloričnih kamenih ugljeva osnovnu hemijsku komponentu čine oksidi pretežno kiselog karaktera (SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3) dok u pepelima dobijenim sagorevanjem nisko-kaloričnih mrkih ugljeva i lignita osnovnu hemijsku komponentu predstavljaju oksidi baznog karaktera (CaO i MgO). U letećem pepelu uglja (čađ) nalaze se i mnogi metali i nemetali čije koncentracije variraju u velikom opsegu: arsen, barijum, berilijum, bor, kadmijum, hrom, kobalt, fluor, olovo, mangan, nikl, selen, stroncijum, talijum, vanadijum i cink(3).

Pepeo termoelektrana se bitno razlikuje od zemljišta kao supstrata za poljoprivrednu proizvodnju. Uglavnom se odlikuje baznim karakterom koji se kreće od 7,40 do 8,10 pH-jedinica. Međutim, ovakva osobina pepela je ipak pogodna za rast većeg broja biljaka. Pepeo ima izvestan sadržaj humusa nastao iz nesagorelog uglja. Procenat zastupljenosti huminskih supstanci je najveći u svežim, a najmanji u starim deponijama pepela. Humusne supstance su po definiciji različiti oblici organskih jedinjenja koja za osnovu i poreklo imaju biljke od kojih je ugalj i postao i nalaze se u različitim fazama raspadanja i fosilizacije. Sastav nutrienata je različit – siromačan je azotom, srednje obezbeđen fosfatima, a sadrži dosta kalijuma. Pepeo svih deponija ima nizak sadržaj azota, jer tokom sagorevanja uglja dolazi do isparavanja azotnih jedinjenja u vidu azot-suboksida i brze transformacije u druge oblike azotovih oksida. Dobra snabdevenost kalijumom je karakteristična za pepeo svih termoelektrana, jer su izvor kalijuma u pepelu degradirani rastvorljivi minerali(3).

Na deponijama pepela termoelektrana nakupljaju se nemetali i metali i od kojih su neki korisni mikroelementi za biljke, a neki toksični i nepoželjni za proces rekultivacije. Mineralne materije, uključujući i pojedine teške metale, imaju višestruku ulogu u životu biljaka. Tako, na primer, bakar, mangan i cink prisutni u malim količinama imaju nezamenjivu ulogu u životnom ciklusu biljaka, jer čine komponente enzima i koenzima neophodnih za rast, fotosintezu i disanje. Međutim, neki teški

metali koji zaostaju u pepelu, iako u nižim koncentracijama neophodni za rast i razviće biljaka (mikroelementi - u njihovom nedostatku biljke ne mogu da završe svoj životni ciklus), u visokim koncentracijama su toksični, deluju na biljke na različitim organizacionim i funkcionalnim nivoima u isto vreme i reflektuju se strukturnim oštećenjima. Njihov uticaj se odražava i na poremećaje u mineralnom režimu biljaka kompeticijom sa bitnim elementima, čineći ih nedostupnim biljkama, što predstavlja dodatni ograničavajući faktor za vegetaciju na pepelu. Važno je napomenuti da i esencijalni elementi mogu da postanu toksični ukoliko prekorače dozvoljeni opseg koncentracija. Sa druge strane, olovo i kadmijum nemaju nikakvu fiziološku ulogu i toksični su, a biljke ih ipak usvajaju. Olovo je najmanje pokretan element među mikroelementima zemljišta, slabo se premešta u nadzemne delove biljaka, izuzev na kiselim zemljištima s obzirom da kiselost povećava rastvorljivost metala, odnosno njihovih jona. Slično olovu, količina kadmijuma je mala u supstratu(1-4). Gvožđe može da se akumulira u biljkama bez štetnog uticaja i zato nije neobično da koncentracija bilo kog njegovog oblika premašuje granice maksimalno dozvoljenih količina. Koncentracije arsena i nikla na pepelištu obično premašuju maksimalno dozvoljene količine u pepelištima, što znači da su među najčešćim polutantima. Nikl se uglavnom akumulira u korenu biljaka, a pH-vrednost zemljišta je, takođe, glavni faktor koji određuje njegovo ponašanje i pristupačnost. Količina nikla u pepelištu je često 2,5 puta veća od dozvoljene. Međutim, usled visoke pH-vrednosti pepelišta, sadržaj nikla u samom biljnom tkivu je nizak i ispod je kritičnih koncentracija za normalan razvoj biljaka. Često su prisutni i antimon, berilijum, hrom, kobalt, i selen. Živa, deo arsena i deo kadmijuma, kao i još neki elementi, prelaze u dimne gasove dok svi drugi ostaju u pepelu i dimnoj prašini. Razlika u sadržajima elemenata u pepelu i dimnoj prašini potiče zbog delimičnog rastvaranja u vodi koja služi za transport pepela na pepelište (1-4).

Zbog radioaktivnih nečistoća u uglju (radioaktivni uran, barijum, torijum i kalijum) termoelektrane spadaju u najveće nuklearne zagađivače, jer emituju jonizujuće zračenje za razliku od nuklearnih elektrana koje ga ne emituju u redovnom režimu rada(3). Kada velika količina uglja sagori na jednom mestu, masa radionuklida ostaje nepromenjena. Iako su oni nesagorivi i ostaju u pepelu, to ne predstavlja veliku opasnost, jer čine relativno mali udeo u masi spaljenog uglja. Međutim, problem nastaje kada ovi produkti sagorevanja dospeju u atmosferu kao posledica tzv. eolske erozije pepela, odnosno neželjenog raznošenja pepela pod dejstvom vetra. Da bi se to sprečilo, pepelišta se neprekidno orošavaju vodom (po suvom vremenu) ili su zasađena tolerantnim biljnim kulturama koje sprečavaju eolsku eroziju. U prisustvu vode, uran se jednim delom rastvara (kao šestovalentan) i, iako se delimično ispira transportnom vodom, bez sistematskog istraživanja njegove sudbine ne može da se donese definitivna zaključak gde on na kraju završava u prirodi.

Mikroorganizmi veoma brzo naseljavaju deponije taložnog pepela. Koristeći pomenute ostatke huminskih supstanci od nesagorelog uglja kao izvora ugljenika, ali i drugih jedinjenja, javljaju se u manjem broju i sa velikom raznovrsnošću.

2. Ekoremedijaciona biomasa

Neke biljke ekstrahuju teške metale iz zemljišta, stimulišu degradaciju organskih zagađujućih materija ili ih stabilizuju. Sve je više dokaza koji nedvosmisleno ukazuju na veliki prirodni potencijal, odnosno snagu koju biljke poseduju za uklanjanje različitih vrsta polutanata iz prirode. Količine metala u biljkama koje rastu na pepelu, jalovini i zemljištu pokazuju da se neki elementi usvajaju od strane biljaka, a zatim transportuju i nakupljaju u nadzemnom izdanku (stablo i lišće). Usvajanje i nakupljanje metala koji bi mogli da predstavljaju rizik u lancu ishrane u pomenutim ekosistemima zavisi, u ovom slučaju, od njihove količine u podlozi i od vrste biljke, kao i njenog razvojnog i fiziološkog stanja. Za korišćenje remedijacionih zasada biomase, bitno je da delovi biljke koji se dalje koriste kao sirovina ne budu kontaminirani.

Na osnovu dosadašnjih studija biomase moguće je proceniti koje kulture mogu da imaju najbolji učinak i priraštaj na određenom deponolu, a da se pri tome minimalno kontaminiraju. Ispitivanje bioloških svojstava i fizičko-hemijske analize biomase na kontaminiranim zemljištima pružaju pravu sliku efekata i eventualnih modifikacija planiranog procesa fitoremedijacije.

U ove svrhe uglavnom se koristi biomasa iz plantaža kratke ophodnje – obnovljiva produkcija. Oko 63% svih plantaža kratke ophodnje su drvenaste vrste. U umerenim klimatskim zonama od listopadnog drveća koriste se topola, breza, bagrem, brest, sibirski brest, javor, bukva, vrba, paulovnja i joha, neke voćne sorte, četinari (ariš, duglazija, bor), trska, pšenica, kukuruz, duvan i nove sorte dobijene genetskom modifikacijom(5). Eksperimentalni podaci pokazuju da genetskom modifikacijom mogu da se dobiju brže rastuće biljke sa boljim prinosima i osobinama(6,7). Prosečan prinos nekih brzorastućih vrsta drveća se zasniva na žetvi od 3 do 10 godina.

Pre fitoremedijacije potrebno je:

- Određivanje ekološki najpogodnije vrste drveća (efikasno smanjenje toksina);
- Planiranje ekonomski najpovoljnije vrste drveća (cena uzgajanja, brzina rasta, prinos);
- Definisane optimalnih tehnologija osnivanja zasada;
- Izbor mera nege, zaštite i prihranjivanja u cilju dobijanja najveće količine biomase najboljeg kvaliteta;
- Remedijacija kontaminiranih supstrata;
- Biomasa proizvedenu na odlagalištima površinskih kopova lignita karakteriše:
- Niska koncentracija teških metala;
- Visoka kalorijska vrednost;
- Dobra struktura i visoka koncentracija celuloze;
- Dobar prinos zbog povoljnih osobina pepela za njihov rast;

Jedna od najvažnijih osobina biomase u svim područjima njene primene je prirodna razgradivost. Skoro svi proizvodi od biomase mogu ponovo da se prerade ili iskoriste kao gorivo. Ako ne mogu, onda će pod dejstvom vlage, insekata i mikroorganizama istrunuti i nastaviti svoj prirodni ciklus.

ZAKLJUČAK

Rad pokazuje neophodnost karakterizacije i kvantifikacije polutanata u deponijama i biljnom tkivu (čvrstim materijalima) kako bi se dalje sprovele neophodne ekološke mere revitalizacije devastiranih zemljišta i odredila ekoremedijaciona biomasa kao eventualna sekundarna sirovina.

Pravilnom karakterizacijom i kvantifikacijom polutanata može da se sprovede jedan potpuni ekološki ciklus od identifikacije zagađivača do adekvatnih mera revitalizacije zagađenog zemljišta. Ovo omogućava i da sirovina korišćena prvo za oživljavanje devastiranog zemljišta kasnije može da se iskoristi i kao sekundarna sirovina i to čak u više svrha – kao repro-materijal ili kao energent(4).

Navedena tema predstavlja primer i daje smernice dobre ekološke prakse koju bi dalje trebalo razvijati i favorizovati u svim segmentima zaštite životne sredine(2).

LITERATURA

1. Reeve, R. N. (1994) Environmental Analysis, John Willey & Sons, Chichester, New York, Brisbane, Toronto, Singapore
2. Đordjević-Miloradović, J., Miloradović, M., Savić, N. (2012) Rekultivacija i ozelenjavanje deponija jalovišta i pepelišta u Kostolcu, RIO, Kostolac
3. Simić, A., Dželetović, Ž., Vučković, S., Sokolović, D.. (2014) Upotrebna vrednost i akumulacija teških metala u krmnim travama odgajenim na pepelištu termoelektrane, Hemijska industrija, 64-64, Beograd
4. Stojanović, M., Milojković, J., Stevanović, D., Adamović, M., Ileš, D. (2010) Primena alumosilikatnih materijala u remedijaciji zemljišta kontaminiranih uranom, Savremene tehnologije u rudarstvu i zaštiti životne sredine, Rudarstvo 2010., Zbornik radova, Tara
5. Dražić, D. (2014) Mogućnost proizvodnje biomase za energiju iz plantaža kratke ophodnje na predelima degradiranim površinskom eksploatacijom uglja, Medija centar, Beograd
6. Dražić, D., Veselinović, M., Jovanović, Lj. (2007) Proizvodnja biomase za energiju iz šumskih plantaža kratke ophodnje na odlagalištima površinskih kopova uglja, Novi i obnovljivi izvori energije, 13. Simpozijum termičara Srbije, Zbornik radova, Sokobanja
7. Ivetić, V., Vilotić, D. (2014) Uloga plantažnog šumarstva u održivom razvoju, Glasnik šumarskog fakulteta, Beograd, 2014, pp. 157-180, Beograd

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502/504(497.11)(082)
628.477(082)
7.05(082)
005.6(082)
331.45/.46(082)

НАУЧНО-стручни скуп Политехника (3 ; 2015 ; Београд)
Zaštita životne sredine reciklažne tehnologije, dizajn i tehnologije
menadžment kvalitetom bezbednost i zdravlje na radu : zbornik radova /
Treći naučno-stručni skup Politehnika - 2015, Beograd,
[04. decembar] 2015. godine ; [urednici Šimon Đarmati ... et al.]. - Beograd :
Visoka škola strukovnih studija Beogradska politehnika, 2015
(Beograd : Institut Politehnika). - 852 str. : ilustr. ; 24 cm

Tiraž 200. - Str. 8: Predgovor / urednici. - Abstracts. - Bibliografija
uz svaki rad.

ISBN 978-86-7498-064-4

a) Животна средина - Заштита - Србија - Зборници b) отпадне материје
- Рециклажа - Зборници c) Дизајн - Зборници d) Управљање квалитетом
- Зборници e) Заштита на раду - Зборници
COBISS.SR-ID 219582988

978-86-7498-064-4

