

REKULTIVACIJA DEGRADIRANIH POVRŠINA NASTALIH ODLAGANJEM FLOTACIJSKE JALOVINE NA LOKACIJI „VALJA FUNDATA”, MAJDANPEK, SRBIJA

RECUltIVATION OF DEGRADED AREAS FORMED BY DEPOSITING TAILINGS AT THE FLOTATION TAILING „VALJA FUNDATA”, MAJDANPEK, SERBIA

Miomir Mikić, Daniela Urošević, Radmilo Rajković, Milenko Jovanović

Institut za Rudarstvo i Metalurgiju Bor

Apstrakt

Degradirane površine stvorene su odlaganjem flotacijske jalovine na lokaciji „Valja Fundata” kod Majdanpeka, Srbija. Projektovano završno stanje flotacijskog jalovišta je do kote K+545 mnv. U cilju zaštite životne sredine preduzimaju se mere zaštite na flotacijskom jalovištu rekultivacijom svih degradiranih površina. U tu svrhu izvrši će se analiza radi određivanja optimalne metode rekultivacije. Radi sprečavanja aerozagađenja i erozija jalovinskog materijala putem bujica i njegov transport na okolno zemljište posebna pažnja se poklanja mogućnosti pošumljavanja i ozelenjavanja degradiranih površina lišćarskim i četinarskim vrstama. Na taj način, odnosno primenom biološke rekultivacije predviđene su sadnice crnog bora, grabića i crvenog hrasta. Naizmenična kombinacija ovih biljnih vrsta omogućava vezivanje supstrata i daju lep estetski izgled okolini.

ključne reči: *flotacijsko jalovište, flotacijska jalovina, rekultivacija.*

Abstract

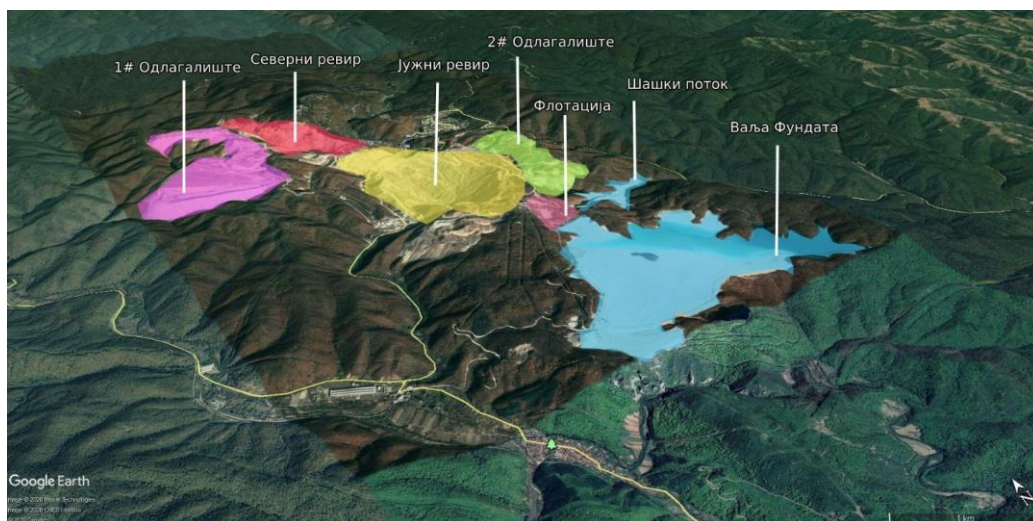
Degraded areas were formed by depositing flotation tailings at the location of „Valja Fundata” near Majdanpek, Serbia. The final contour of the flotation tailings was projected, and it is at the elevation K + 545 m above sea level. In order to protect the environment, protection measures are taken at the flotation tailings by reclamation of all degraded areas. For this purpose, an analysis will be performed to determine the optimal method of reclamation. In order to prevent air pollution and erosion of tailings material through torrents and its transport to the surrounding land, special attention is paid to the possibility of afforestation and greening of degraded areas by deciduous and coniferous species. In this way, ie by applying biological reclamation, seedlings of black pine, hornbeam and red oak are planned. The alternating combination of these plant species enables the binding of the substrate and gives a beautiful aesthetic appearance to the environment.

Key words: *flotation tailings, tailings, reclamation.*

1. UVOD

Majdanpek je tipičan rudarski grad, a sam rudnik, koji se nalazi u neposrednoj blizini grada, veoma je značajan kako za opštinu tako i za ceo Borski okrug. U celom rudniku (na

površinskim kopovima Južni i Severni Revir i u ostalim pogonima) nekada je bilo zaposleno nešto manje od 4000 radnika, sada se taj broj dosta smanjio i iznosi oko 1000 radnika. Na južnoj strani grada rudarskim aktivnostima stvorena je depresija elipsastog oblika-površinski kop Južni revir, pružanja sever-jug, dubine preko 450 m. Kop praktično zauzima centralnu poziciju, pri čemu se severno nalazi površinski kop Severni Revir, a do njega i odlagalište jalovine 1# (slika 1). Majdanpek se nalazi severoistočno u odnosu na kop. Istočno od kopa je formirano odlagalište jalovine 2#. Postojeće odlagalište jalovine Bugarski potok se nalazi južnije od kopa i to u neposrednoj blizini. Nešto južnije se nalazi površinski veoma veliko flotacijsko odlagalište Valja Fundat (slika 1)



Slika 1. Flotacijsko jalovište Valja Fundata sa okolnim objektima

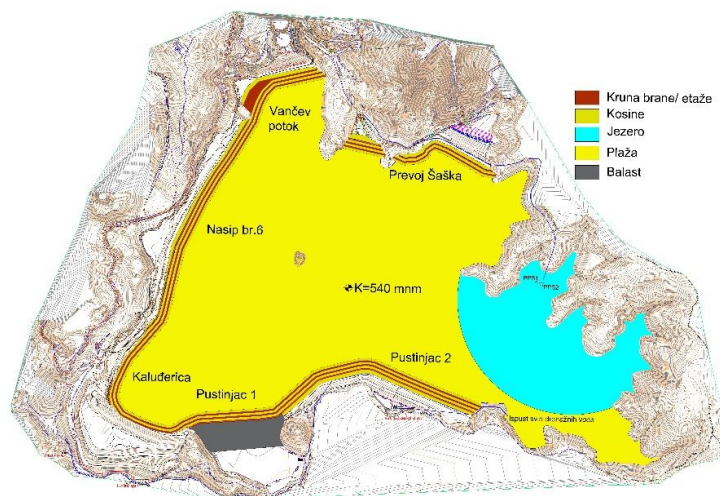
Od početka izgradnje Flotacije u Majdanpeku, flotacijska jalovina se odlagala u dolini Valja Fundata, prirodno pregrađene doline krečnjačkim masivom. Dolinom je proticao potok konstantne izdašnosti $Q=5,0$ l/s, a zatim je kroz pećinu formirao podzemni tok dužine 750 m. Po izlasku iz pećine potok se ulivao u reku Veliki Pek. U cilju stvaranja akumulacionog prostora za odlaganje flotacijske jalovine, svi vidljivi otvori i vrtače su zatvarani kamenim nabačajem i betoniranjem. Ulaz pećine je zatvoren nabačajem od kopovske jalovine, a na 293 metru (+319,7 m) od izlaza pećine, podignuta je masivna betonska pregrada. Dolina Valja Fundata odvojena je od reke Mali Pek, Šaški potok i Veliki Pek prevojima koji se uglavnom nalaze iznad kote +520m. Jedino se prevoj krečnjačkog masiva prema reci Veliki Pek nalazi na koti +467 m. Flotacijsko odlagalište „Šaški Potok” izgrađeno je u vidu kaskada u dolini Šaškog Potoka, koja se uzvodno grana u tri dela: zagat 1., centralni zagat i zagat Kraku Patku. Šaški Potok se uliva u Šašku Reku, a ova u Porečku Reku kao pritoka Dunava. Sa radom ovo odlagalište počelo je tokom 1987. godine posle puštanja u rad postrojenja za doiskorišćenje bakra i plemenitih metala "Novo Zlato".

2. IZBOR METODE REKULTIVACIJE

Flotacijska jalovišta sa aspekta tehnologije predstavljaju neophodan rudarski objekat, a u pogledu životne sredine realnu opasnost po ekološke elemente životne sredine bilo da su u funkciji ili je završen proces odlaganja. Uticaj flotacijskih jalovišta na životnu sredinu se ogleda kroz uticaje na osnovne životne činioce: vodu, vazduh i zemljište. U ovom slučaju flotacijsko jalovište „Valja Fundata” usled svoje postojeće velike površine i dugogodišnje eksploatacije može se posmatrati kao potencijalno veliki zagađivač. Iz toga razloga je neophodno preduzeti sve mere koje će omogućiti da se potencijalno negativni uticaj flotacijskog jalovišta svede u razumne okvire, po mogućstvu na minimum. To će se učiniti primenom adekvatnih mera. Jedna od osnovnih mera jeste i rekultivacija flotacijskog jalovišta. Primenom optimalne rekultivacije će se u velikoj meri smanjiti emisije prašine sa flotacijskog jalovišta, sprečavanje spiranja materijala sa brana i kosina flotacijskog jalovišta i indirektnog zagađivanja površinskih i podzemnih voda, pojava raseda, pokretanje bio-pedoloških procesa u degradiranom zemljištu kao i uspostavljanje vegetacije na plažama flotacijskog jalovišta. Osnovni cilj rekultivacije fizički, hemijski i bioloških oštećenih zemljišta je uspostavljanje funkcije upravljanja zemljišnim prostorom, kao resursom koji je narušen antropogenim aktivnostima. Za aktiviranje rada zemljišne mikroflore i pokretanje pedoloških procesa u pravcu stvaranja organske materije a kasnije i humusa, kao i pristupačnih elemenata za ishranu biljaka služi dodat humusni sloj zemljišta. Zbog stanja površina posle završetka odlaganja flotacijske jalovine i specifičnih pedoloških, mikroklimatskih i klimatskih uslova, za rekultivaciju flotacijskog jalovišta „Valja Fundata” predviđa se optimalna rekultivacija sa zatravljanjem. Rekultivacija će se odvijati u tri faze: tehnička, agrotehnička i biološka faza, a dinamika izvođenja radova predviđena je u trajanju od tri godine. 1

3. TEHNIČKA FAZA REKULTIVACIJE

Rekultivacioni radovi tehničke rekultivacije će obuhvatiti sledeće degradirane površine: obodni nasip i prevoj Šaška, pri čemu će se radovi izvoditi na branama i unutrašnjim i spoljašnjim kosinama nasipa, zatim na suvim plažama flotacijskog jalovišta, i projektovanom balastu (slika 2). U okviru tehničke rekultivacije, da bi se osiguralo izvođenje radova, vrši će se više operacija i to: otkopavanje, utovar, transport, istovar zemljišnog humusnog materijala po degradiranim površinama. Radovi na tehničkoj mogu započeti po završetku eksploatacije flotacijskog jalovišta, tj. kada se izvrši nadogradnja brane do K+545 mnv, i izvrši zapunjavanje flotacijskog jalovišta do kote K+540 mnv. Projektovani vek eksploatacije flotacijskog jalovišta je 6 godina i 1 mesec.



Slika 2. Projektovano završno stanje flotacijskog jalovišta

Nakon završetka eksploatacije flotacijskog jalovišta se počinje sa izvođenjem radova na tehničkoj rekultivaciji koja će se odvijati u dve faze. Ukupne površine koje će biti obuhvaćene tehničkom rekultivacijom, slika 2, iznose:

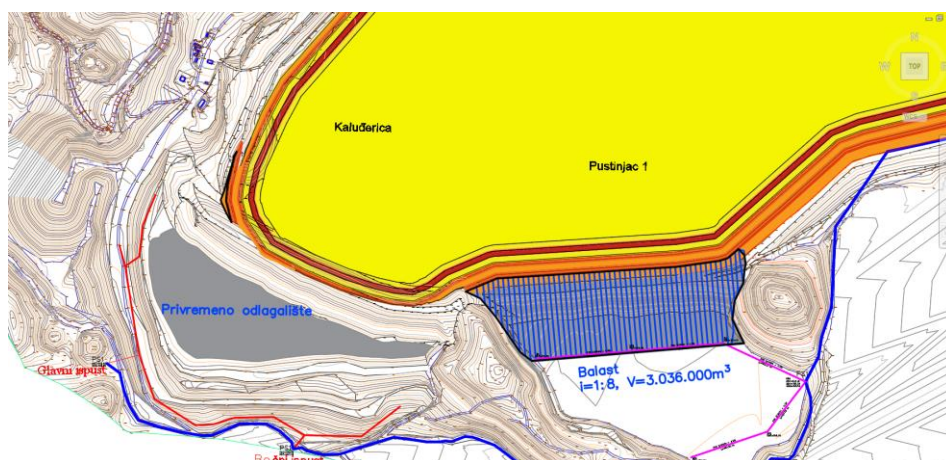
- ravne površine: 280,3 ha
- kose površine: 33,3 ha

U prvoj fazi izvoditi će se radovi na površinama obodnog nasipa, prevoja Šaška, projektovanom balastu i formiranom jezeru. U drugoj fazi izvoditi će se radovi na plaži flotacijskog jalovišta. Ukupno vreme izvođenja radova biće tri godine. Treba napomenuti da se prilikom projektovanja svih faza rekultivacije, a pogotovo u fazama gde se koristi mehanizacija, vodilo računa o odabiru adekvatnije mehanizacije radi očuvanja bezbednosti na radu. Naime, treba pre početka izvođenja rekultivacije na isušanim površinama akumulacionog prostora da se izvrše geoteknička istraživanja kako bi se prognoza o nosivosti tla potvrdila i na osnovu toga koristila predviđena mehanizacija. Razlog tome je da se period stabilizacije degradiranih površina, koje su predviđene za rekultivaciju, ne može predvideti, i iz toga razloga kada se steknu adekvatni uslovi kako je već rečeno neophodno je izvršiti geoteknička ispitivanja.

3.1. IZBOR LOKACIJE POZAJMIŠTA ZEMLJANOG MATERIJALA

Potrebnu količina pokrivke za izvođenje biološke rekultivacije treba da se obezbedi iz površinskog humusnog sloja pozajmišta, koje se nalazi jugozapadno u odnosu na flotacijsko jalovište (na razdaljini od oko 100 m) (slika 3.). Lokacija privremenog odlagališta treba da bude što bliže flotacijskom jalovištu. Predložena lokacija pored blizine

odlikuje se adekvatnom površinom za prihvat svog zemljanog materijala kao i adekvatnim topografskim zahtevima. Naime, predložena lokacija predstavlja udolinu sa blagim nagibom, razlika u kotama je svega 3 metara, od najviše kote K+526 mnv do najniže kote od K+523 mnv. Ovo pozajmište predstavljaju odlagalište investicione otkrivke, koja se odstranila pri izradi balasta i proširivanja flotacijskog jalovišta. Takođe, moguće je da se jedan deo investicione otkrivke prilikom proširivanja površinskog kopa Južni i Severni revir deponuje na ovoj lokaciji. Na taj način može se obezbediti potrebna količina zemljanog materijala za rekultivaciju. Faza nanošenja zemljišnog materijala na površine predviđene za biološku rekultivaciju spada u tehničku fazu rekultivacije i uključuje utovar, transport i istovar, a planiranje i homogenizacija zemljišnog materijala će se vršiti u agrotehničkoj fazi. Radovi će se izvoditi na degradiranim površinama i to: unutrašnje i spoljašnje kosine i krunama brana. Takođe zemljišni materijal se dovozi i za ubacivanje u jame sadnica na plažama akumulacionog prostora. Radi podsticanja procesa kod autorekultivacije, po obodu jezera će se istovariti zemljišni materijal.



Slika 3. Predloženi lokalitet pozajmišta zemljišnog materijala

4. AGROTEHNIČKA FAZA

Agrotehnička rekultivacija obuhvata radove na sledećim površinama:

- obodni nasip,
- prevoj Šaška, i
- projektovani balast.

Nakon završetka eksploatacije flotacijskog jalovišta se počinje sa izvođenjem radova na tehničkoj i agrotehničkoj rekultivaciji. Radovi se međusobno dopunjuju, pri čemu se dobija i na vremenu jer se svi radovi mogu obavljati na više različitih površina predviđenih za rekultivaciju. Faza agrotehničke rekultivacije podrazumeva nivelisanje krune brana, rasplaniranje humusnog sloja zemljišta po kruni brane i unutrašnjoj i spoljašnjoj kosini brane. Sa obzirom da su u pitanju velike površine agrotehnička rekultivacija je podeljena

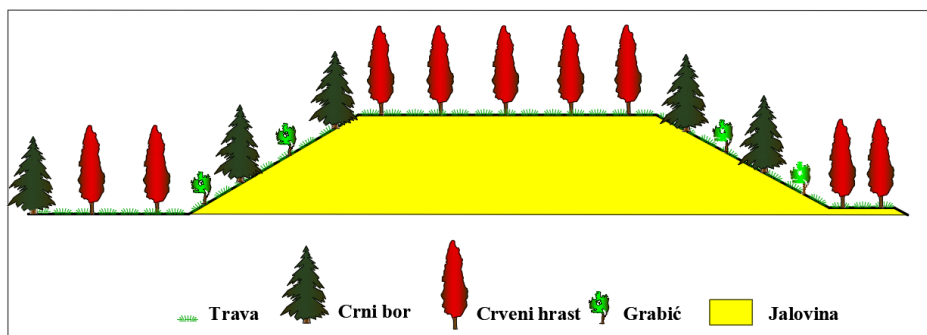
na faze izvođenja radova. U prvoj fazi izvoditi će se radovi na površinama obodnog nasipa, prevoja Šaška, projektovanom balastu.

5. BIOLOŠKA FAZA

Biološka faza rekultivacije podrazumeva kompleks biotehničkih i fitomeliorativnih mera za gajanje šumskih kultura na pripremljenim površinama površinskog kopa i odlagališta u cilju ozelenjavanja i obnavljanja ekosistema. Najefikasnije mere za sprečavanje erozije i poboljšanje stabilnosti odlagališta je pošumljavanje. [1]. Razvojem sadnica dolazi do boljeg vezivanja supstrata na odlagalištu, čime se sprečava erozija, a takođe podizanje prašine vetrom [1]. Na osnovu fizičko hemijskih osobina flotacijskog deponosa, oblika površina hidrotehničkih objekata na flotacijskom jalovištu Valja Fundata i pripreme površina primenom agrotehničke i tehničke faze rekultivacije, u obzir dolazi biološka faza rekultivacije i to:

- ☐ Na spoljašnjim kosinama brane naizmenični pojasevi travnjaka i žbunastog rastinja;
- ☐ Na kruni brane, podizanje vetrozaštitnog pojasa i zatravljanje;
- ☐ Na unutrašnjim kosinama brane naizmenični pojasevi travnjaka i žbunastog rastinja;
- ☐ Na isušanim površinama akumulacionog prostora (plažama) pošumljavanje;
- ☐ Na vlažnim delovima –jezero flotacijskog jalovišta – sadnja uljarica.

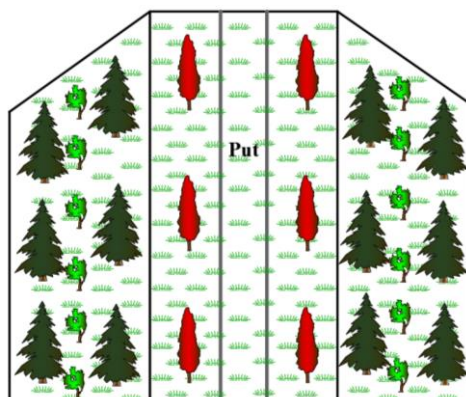
Spoljašnje kose površine na brani flotacijskog jalovišta namenjene su za rekultivaciju naizmeničnim pojasevima travnjaka i žbunastog rastinja posle nanošenja humusnog sloja zemljišta. Unutrašnje kose površine brane flotacijskog jalovišta rekultiviraće se travno leguminoznom smešom i drvenastim rastinjem posle nanošenja humusnog sloja zemljišta. Na slici 4. je dat profil flotacijskog jalovišta sa prikazom zasađenih kultura.



Slika 4. Profil flotacijskog jalovišta sa prikazom zasađenih kultura

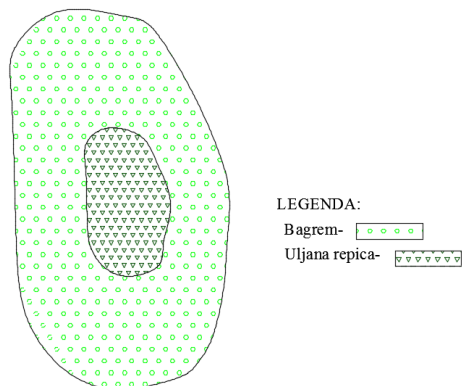
Ravne površine – krune brane flotacijskog jalovišta, namenjene su za podizanje vetrozaštitnog pojasa i travno-leguminoznog pokrivača. Formiraće se pojasevi prema

ivicama kosina (spoljašnjih i unutrašnjih) koji se pošumljavaju, a pojas po sredini kruna brana širine 4,0 m će se zatravniti a ujedno koristiće se i za put (slika 5.).



Slika 5. Prikaz rasporeda kultura na brani

Ravne površine - plaže akumulacionog prostora flotacijskog jalovišta namenjene su za pošumljavanje. Sadnice se sade u jame 40 x 40 cm u kojima se dodaje humusni sloj zemljišta. Potrebno je upravno na severozapadni vetar na svakih sto do dvesta metara (prema oceni na terenu) ostaviti prolaze širine 4 m koji služe istovremeno i kao zaštitne površine od širenja požara. Površine taložnog jezera u akumulacionom prostoru flotacijskog jalovišta rekultiviraće se autorekultivacijom (slika 6).



Slika 6. Raspored kultura na flotacijskom jalovištu

Za potrebe biološke rekultivacije neophodno je odrediti broj jama za sadnice, na osnovu čega će se odrediti i ukupan broj sadnica za kupovinu. Broj sadnica se uvećava za 10%, jer postoji mogućnost da se usled sušenja, transporta i manipulacije pojedine sadnice oštete. Potreban broj jama se određuje na osnovu projektovanih površina za rekultivaciju. Pri tome se kulture grabića sade sa ukupno 2.000 sadnica po hektaru odnosno na

međusobnom rastojanju sadnica od 2,24 m. Crni bor i crveni hrast se sadi sa ukupno 1.100 sadnica po hektaru jer su sadnice na rastojanju od 3 m. Na obodnom nasipu i prevoju Šaška je određivanje broja jama izvršeno na osnovu dužina redova. Na kosinama, i etažama na kosini kao i na kruni brane planirana je sadnja kultura na međusobnom rastojanju od 2,4 m odnosno 3 m respektivno. Ukupan broj jama za sadnice iznosi 374.495. Broj sadnica je razvrstan na tri kulture koje će biti zastupljene na projektovanim površinama. Te kulture su: grabić, crni bor i crveni hrast. Sadnice će se nabaljati kao starosti 2+1. Broj sadnica po kulturama iznosi:

- crni bor: 166329 kom.
- crveni hrast: 146666 kom.
- grabić: 61500 kom.

Na kosim površinama iskopavanje jama za sadnice se vrši mehanizacijom (BAT) što će se koristiti i priručne alatke na površinama na kojima traktor ne može da priđe. Jame za sadnice trebaju da budu okruglog poprečnog preseka, prečnika 40 cm i dubine 40 cm. Kopanje jama na spoljašnjoj kosini se vrši direktno u supstratu po trougaonoj šemi. Jedan deo iskopanog supstrata - krupniji materijal se sklanja i slaže u vidu suvozida na donjoj ivici jame i ima ulogu da spreči odnošenje zemlje iz jame za vreme jakih kiša. Jame se kopaju po trougaonoj šemi po kosini. Na taj način se smanjuje energija erozije i povećava zadržavanje vode u jamama. Ugao kontrapada iznosi 10%. Kopanje jama na spoljašnjoj kosini se vrši direktno u flotacijskom supstratu, u jednoredu, pri čemu je rastojanje jama 3 m odnosno 2,24 m. Na svakoj kosini između etaža će biti postavljen po pet redova naizmenično sađenih crnog bora i grabića. Zatravljanje ravnih i kosih površina ima za cilj stabilizaciju nasutog zemljišnog materijala na degradiranim površinama i sprečavanje erozije, kako usled vetra, tako i od bujica nastalih pri naglom topljenju snega i kiša pri provali oblaka.

Radovi na zatravljanju sastoje se od:

- ručnog i mašinskog sejanja travno-leguminozne smeše, i to 350 kg/ha,
- valjanje valjkom zasejanih površina travnim smešama,
- đubrenje zasejanih površina mineralnim NPK đubrivom u odnosu 20:30:15 i to 150 g/m²,
- kvašenje zasejanih površina do nicanja trave kao i nakon toga u zavisnosti od meteoroloških uslova.

Setva mešavine trava obavlja se ručno na kosinama i to unakrsno u oba pravca i mašinski - sejalicama na ravnim površinama. Nakon zasejavanja, podloga se valja valjkom i tretira đubrivom - NPK (20:30:15) u količini od 150 g/m² (1500 kg/ha), a zatim se vrši zalivanje. Setva se obavlja u jesen.

6. ZAKLJUČAK

Rekultivacijom degradiranih površina na flotacijskom jalovištu Majdanpek u cilju očuvanja životne sredine primenom predviđenih tehničkih i bioloških mera, mogu se očekivati dobri rezultati i pored manje povoljne osnovne podloge, deponovanog fitosola. U ovom slučaju ozelenjavanje narušenog zemljišta ima za cilj smanjenje podizanja prašine sa flotacijskog odlagališta u sušnim periodima u toku godine i raznošenje na okolne granične površine i okolna naselja, kao i stabilizaciju terena. Ekonomski efekti na navedenim površinama se ne mogu očekivati u prvih 10 godina održavanja rekultivisane površine.

ZAHVALNICA

Ovaj rad je finansijski podržalo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor br. 451-03-9 / 2021-14 / 200052.

REFERENCE

[1]. Miomir Mikić, Sanja Petrović, Ivana Jovanović, Radmilo Rajković: Reclamation the inner landfill of the coal open pit Cementara in Pljevlja, Montenegro. 48th International october conference on mining and metallurgy. Universitet of Belgrade Technical Faculty Bor. Bor, 2016. ISSN / ISBN 978-86-6305-047-1. DOI 226011916. pp. 285-288