

РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ

UDK 626.877:630*233

Стручни рад

Технички факултет у Бору Универзитета у Београду, В. Ј. 12, 19210 Бор, Србија
Катедра за минералне и рециклажне технологије
Тел. +381 30 424 555, 424 556, Фак. +381 30 421 078

САВРЕМЕНА ИСКУСТВА БИОЛОШКЕ РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ДЕГРАДИРАНИХ ПОВРШИНА

CONTEMPORARY EXPERIENCE OF BIOLOGICAL REHABILITATION OF DEGRADATE PLACES

Ненад Ставретовић[#]

Шумарски факултет, Универзитет у Београду, Србија

ИЗВОД

Биотехничке методе представљају веома битну ставку у санацији деградираних површина. Успешност санације огледа се у брзом окупирању терена од стране биљака, њиховој оптималној густини, трајности санације, а све то зависи од биљних врста које се користе али и од метода формирања покривача. Методе формирања биљних покривача подразумевају примену нових технологија, механизације, нова иновациона решења и материјале међу којима се могу наћи и делимично обрађене отпадне материје.

Кључне речи: биолошка рекултивација, деградиране површине

ABSTRACT

Bitechnical methods are very important part in the management of the rehabilitation degraded places. The success of rehabilitation is reflected in the fast invasion of the area by the plant species, their optimal density, durability of rehabilitation. The methods of plant cover establishment include the implementation of new technologies, mecanisation, the new inovation solutions and the materials, among wich are also the partially processed waste materials.

Key words: biological rehabilitation, degraded area

[#] Особа за контакт: tavra@absolutok.net

УВОД

Треба направити разлику између ревитализације и рекултивације. Када једну територију пустимо да сасвим природно успостави све облике вегетације и на тај начин формира равнотежне екосистеме, тада се ради о ревитализацији. Међутим, када се у ревитализацију умеша човек различитим техничким и мелиоративним захватима, односно сејањем и сађењем одређених врста биљака, онда се ради о рекултивацији.

ПРИПРЕМА ПОДЛОГЕ

На процес стварања земљишта пре свега утиче рад микроорганизама. Оно што чини суштину процеса стварања земљишта јесте органска материја коју уноси вегетација. Зелене масе су органски продукти, тј. енергетски материјал за рад хетеротрофне микрофлоре која из биомасе ствара хумусни слој. Из овога јасно следи да сви поступци који доводе до прилива органских маса у стерилан супстрат, или делимично стерилан, деградиран, убрзавају процес који доводи до образовања земљишта, његове рекултивације.

Деградирана земљишта представљају подлогу неповољних физичких и хемијских особина за развој биљних култура. У оваквим условима оне троше знатне количине енергије како би превазишле отежавајуће услове, а све то резултира њиховим slabим растом и успореним развојем.

МЕТОДЕ СЕТВЕ ПРИ САНАЦИЈИ ДЕГРАДИРАНИХ ПОВРШИНА

Имајући у виду неповољне услове за раст и развој биљака, веома је битно и време заснивања травног покривача. Довољно високе температуре уз присуство повољне количине влаге су у периоду од почетка септембра па до почетка октобра, када су

Имајући у виду да се ради о подлогама специфичног карактера, треба бити веома обазрив приликом избора мера које је неопходно применити како би се обезбедио супстрат задовољавајућег квалитета за развој вегетације. Састав супстрата представља ограничавајући фактор приликом подизања вегетације, па стога веома пажљиво треба одабрати врсте биљака које ће се приликом рекултивације користити.

Зато је на првом месту, пре самог процеса заснивања вегетације, неопходно предузети све мере како би се што квалитетније обезбедила носећа подлога и извршила основна припрема земљишта.

Терен се најпре мора морфолошки припремити како би на крају добили што више равних површина, са што мање депресија. У овој фази припреме стрме падине се морају свести на најмању меру, треба водити рачуна о величини нагиба.

С обзиром на то да се ради о подлози у којој се органске материје налазе само у траговима или изостају, потребно је извршити појачано ђубрење подлоге, и то нарочито азотом. Примењује се повећана количина минералног ђубрива НПК 15 : 15 : 15 и то у количини понекад и од 1000 до 1200 kg/ha.

испуњени сви потребни услови за клијање семена.

Следећи значајан моменат у подизању биопокривача је и начин, односно технологија сетве која зависи од конкретних услова на деградираним површинама и мора им се

прилагођавати. Приликом рекултивације косина насип има знатан утицај на формирање успешног биопокривача и еродибилност подлоге па је стога пожељно применити посебне методе формирања биопокривача.

СЕТВА СЕМЕНА ОМАШКОМ

Овај начин сетве представља једну од основних метода за подизање травне вегетације. Спада у групу метода које се не изводе механизацијом. За њено извођење није потребно издвајање већих средстава, јер представља начин сетве који се изводи ручно. На депонијама се може спровести на три начина: а) сетва семена у необрађено земљиште, б) сетва семена у делимично обрађено земљиште, в) сетва семена у обрађено земљиште (Ђоровић, et al., 2003).

а) Сетва семена у необрађено земљиште примењује се у случајевима недостатка материјалних средстава за припрему терена или у случајевима када се захтева уштеда у времену. Имајући у виду да је пепео веома лошег механичког и хемијског састава, а самим тим и неповољна подлога за ницање семена, ова метода неће дати битније резултате.

СЕТВА СЕМЕНА СЕЈАЧИЦОМ

Поступак подразумева коришћење неког од постојећих типова сејачица. Као и код сетве омашком, и овде подлога може бити необрађена, делимично обрађена или потпуно обрађена. Постоје различити типови сејачица које могу бити ручне или машинске.

На равним теренима могу се користити сејачице које вуче трактор, док је на нагибима могућа сетва сејачицом, али је доста

Успешност рекултивације зависи, пре свега, од избора метода које ће се приликом подизања зеленог покривача применити. Услови на терену, као и финансијска средства која се за ове сврхе издвајају, одређују и избор методе.

б) Делимично обрађено земљиште, односно пепео, подразумева операцију тањирања у комбинацији са дрљањем или фрезирањем. Након овакве припреме супстрата врши се сетва.

в) Сетва семена у обрађено земљиште, у овом случају пепео, подразумева основну обраду подлоге до дубине од 25–30 cm, тањирање и фрезирање. Орање није примерено у случају формирања травњака на пепелу нити је економски оправдано.

Из овога можемо закључити да је делимична обрада земљишта оптимална метода сетве семена омашком (ручно).

На нагибима обрада се врши дуж изохипси терена тако што се ручно формирају бразде у које се убацује семе. На равним деловима депоније примењује се тањирање и фрезирање уз помоћ механизације.

компликована због отежане манипулације. Сејачице које имају могућност инкорпорирања семена на дубину од 2 cm, веома су погодне за сетву на равним подлогама и slabим нагибима. На већим нагибима манипулација овим сејачицама је доста тешка, па се због слабог учинка и високе цене њена оправданост доводи у питање.

МАЛЧ СЕТВА

Малч представља материјал који се користи за прекривање семена или сетву семена директно у њега. На овај начин прекривено семе добија квалитетније услове за ницање: влагу, сенку и заштиту од топлоте. Ова метода се као веома добра показала на нагибима, јер малчом спречавамо спирање семена у доње слојеве, на дно нагиба. Као

малч се најчешће користе органске материје као што су слама, тресет, кукурузовина, пиљевина али и синтетичка фолија, папир, фибер, фиберглас и слично. Биљни материјал који се користи као малч временом се разлаже и постаје хранљива материја која обогаћује земљиште и служи као прихрана биљкама у наредном периоду.

ФОРМИРАЊЕ ТРАВЊАКА РАСАЂИВАЊЕМ ДЕЛОВА ТРАВЊАКА (ЧЕПИРАЊЕ)

Овај поступак представља расађивање делова травњака које захвата сонда (вадичеп), најчешће на размаку 15x15 cm. Чепови су пречника 5–10 cm а висине 5–8 cm. Ова метода се најчешће примењује на већ заснованом травњаку. Погодна је за санацију проређених травњака и травњака на косинама одлагалишта пепела. Након формирања чепиране травне површине на нагибима, може се приступити сетви семена у празне просторе. Трава постављена чепирањем мање

је склона оштећењу и исушивању од сађене. Она задржава семе и спречава његово спирање што представља највећи проблем при формирању травњака на нагибима. Овај поступак се примењује када имамо већ засновану травну површину коју користимо као позајмиште и која је састављена од биљака које имају високу способност вегетативног размножавања, а притом су отпорне на екстремне услове који владају на пепелишту.

ФОРМИРАЊЕ ТРАВЊАКА САДЊОМ ИЗДАНАКА (РИЗОМА ИЛИ СТОЛОНА)

Заснивање травњака оживљавањем врши се најчешће врстама које имају добро развијена подземна стабла – ризоми или столоне који имају велику изданачку моћ. Такве су зубача (*Cynodon dactylon*), пузећа росуља (*Agrostis stolonifera*) и права ливадарка (*Poa pratensis*). Ове врсте формирају густу мрежу корења и ризома што је од огромног значаја за процес

везивања пепела и заустављања ерозије ветром. Столони или ризоми се саде на 25–30 x 10–15 cm. Након садње следи обилно наводњавање како би се што пре иницирало избијање нових изданака. На овај начин, деградирана површина се затрављује за веома кратко време.

МЕТОДА ХИДРОСЕТВЕ

Хидросетва представља нешто скупљу, али изузетно ефикасну и брзу методу заснивања травњака. Прилагођена је теренима где је често искључена могућност извођења класичне сетве. Хидросетва омогућује формирање травног покривача различитих

намена, како декоративних, тако и травних површина специјалне намене – против-ерозионих.

Метода хидросетве подразумева мешање семена, везивних материја (лепкова), ђубрива и малча са водом у познатом односу. Малч

омогућава семену заштиту све до клијања, обезбеђује воду, умањује испаравање за време топлијих месеци, а временом се разграђује трансформишући се у хранљиве материје. Ђубриво обогаћује земљиште хранљивим материјама потребним за ницање. Везивне материје омогућавају привремено приањање семена уз подлогу у којој остаје све до ницања.

Сетва се врши тако што се од горе наведених компонената, направи хомогена маса у резервоару, а затим се уз помоћ специјалних хидросејача под притиском наноси слој мешавине на већ припремљен терен у што је могуће равномернијем слоју.

Трајно формиран травњак искључује негативне ефекте суве сетве (класичне сетве) која раздваја поступак доношења ђубрива од доношења семена и сламе односно неког другог малча.

Ова метода може дати веома добре резултате приликом решавања проблема

санације насипа на територији пепелишта. Успостављање уједначеног слоја вегетације на веома брз и поуздан начин смирило би огромне површине депонија у близини термоелектрана и спречило би даље разношење пепела и загађивање околине. Прецизна претходна испитивања која подразумевају упоредне сетве, њихово праћење и анализу, дала би резултате потребне за успешну примену ове методе. Такође, ефикасност санације поред затрављивања пепелишта подразумева и могуће уштеде које се могу остварити у радној снази и материјалу. (Ставретовић et. al., 2005).



Слика 1. Поступак извођење хидросетве

ОЗЕЛЕЊАВАЊЕ ДЕГРАДИРАНИХ ПОВРШИНА У ЊУ ДЕЛХИЈУ ПРИМЕНОМ МИКОРИЗЕ

У Индији су успешно обављена два истраживања – у Бударпур (Delhi) и Корба (Chhattishgarh) у којима се годишње одлаже 90 милиона тона пепела.

Институт за енергију и ресурсе (The Energy and Resources Institute – TERI) у Њу Делхију успешно је користио технологију микоризе како би санирао депоније пепела и на тај начин их превео у оазе зеленила.

Бујна вегетација која окружује термоелектрану у Њу Делхију, сведок је успеха примене нових технологија.

Овакав начин рекултивације има низ предности. Пре свега, нема уношења хемијских материја, или је умањено њихово уношење, затим, редуцира се развејавање пепела и смањује загађење подземних вода.

Осим наведеног, биљкама се омогућава да успешно расту на пепелу и на тај начин везују супстрат.

Институт је отпочео са радом на пројекту подизања вегетације на пепелу коришћењем микоризе у новембру 1997. године.

Најпре су идентификоване врсте биљака које имају способност везивања ситних фракција пепела и усвајања тешких метала. Пре свега, било је битно да су врсте отпорне на екстремне еколошке услове који на депонијама владају. Изабране су врсте које нису укључене у ланац исхране, све док се токсичност и радиоактивност материја усвојених од стране биљака у већој мери не проуче.

Анализирајући симбиозу између биљака и гљива, изабране су и микоризне гљиве које су коришћене за инокулацију корења биљака у одговарајућим дозама. Центар за истраживање микоризе развио је технологију микоризе која укључује производњу и уношење микоризних гљива у културе биљака. Различите врсте гљива скупљане су у различитим регијама Индије, изоловане су, а затим умножаване. Потенцијалне врсте су тестиране како би се утврдила њихова отпорност на услове који владају у пепелу. Тестови су најпре обављани у стакленицима под контролисаним условима како би се одредиле дозе доношења, да би се касније пракса применила и на отвореним пољима.

Врсте биљака које су изабране за санацију пепелишта и укључивање у микоризу биле су *Casuariana equisetifolia*, *Melia azadirach*, *Albizzia procera* и *Gmelina arborea*. Од перена и сезонског цвећа употребљаване су *Mentha arvensis*, *Vetiver zizanooides*, *Tagetes erecta*, *Polianthes tuberosai* и *Helianthus annus*, а од азотофиксатора *Sesbania aculeata*. *Agave sisalana* одржала се у веома добром здравственом стању. Ароматичне врсте као што су невен, кантарион, сунцокрет, гладиоле и љиљани, такође су успешно расле на овако осиромашеном супстрату захваљујући примени технологије микоризе.

Табела 1. Упоредни приказ карактеристика пепела пре и након примене технике микоризе (Бадарпур и Корба)

Хемијски параметри	Бадарпур		Корба	
	Почетно стање	Стање након две године по постављању микоризе	Почетно стање	Стање након две године по постављању микоризе
рН (земљиште : вода = 1 : 2,5)	7,4	6,6	8,7	8,10
Пристапачан фосфор	11,7	20,5	7,1	21,1
Укупан азот (%)	0,01	0,3	0,1	0,6
Органски угљеник (%)	0,6	1,8	0,2	0,9

Микоризне гљиве живе на корену биљака, од њих узимају угљеник, али им зато помажу у апсорпцији хранљивих материја из пепела и омогућавају услове за њихов раст и развој. Оне акумулирају тешке метале из пепела уз помоћ мицелија и уграђују их у своје телесне ћелије. Осим што обезбеђују хранљиве материје, оне продукују киселине које у комбинацији са тешким металима граде једињења која су у земљишту мање активна тако да се смањује њихово отицање, а тиме се спречава и загађивање подземних вода.

Из пратодних табела јасно се може приметити да је токсичност тешких метала смањена за ове две године.

Табела 2. Процент редуције тешких метала након две године од примене технологије микоризе (Бадарпур и Корба)

Тешки метали (%)	Бадарпур	Корба
Алуминијум	-	62
Хром	36	90
Манган	-	44
Гвожђе	-	27
Кобалт	-	50
Никл	-	64
Бакар	75	44
Цинк	33	32
Арсен	-	43
Олово	59	53
Кадмијум	-	97

Порозност и способност задржавања воде, односно водени капацитет, знатно се

побољшао. Како биљке расту, њихов корен прожима пепео, везује га и на тај начин спречава његово даље разношење ветром. Овакав начин биорекултивације депонија пепела вратио је вегетацију на место некадашње пустоши и сивила.

Многе од изабраних врста поседују и комерцијалну вредност. Тако су на пример изабране многе дрвенасте врсте квалитетног стабла, медицинске, ароматичне и декоративне врсте. Из свега наведеног може се закључити да се оваквом техником микоризе обезбеђује адекватна биолошка

мера санације депонија пепела уз знатну уштеду финансијских средстава.



Слика 2. Стање пре и после успостављања вегетације применом микоризе

ПРИМЕНА АГРОЗЕЛА

Агрозел се успешно примењује као рекултиватор деградираних земљишта (пепелишта термоелектрана, флотацијских јаловишта и пескова). Примена агрозела на овим земљиштима доприноси њиховом лакшем озелењавању и укоречавању биљака (без доношења слоја земље). Количина Агрозела која се додаје износи 10–20 t/ha. Овај начин рекултивације спроводи се једноставно, без коришћења тешке механизације чија је употреба на деградираним површинама због специфичне конфигурације терена често онемогућена.

Агрозел представља природни мелиоративни додатак земљиштима. По саставу је природни минерал зеолит са преко 60% присутног зеолитског минерала клиноптилолита, сиво-плаве боје, гранулације 1–3 mm. Захваљујући својим физичким особинама, адсорбује воду и постепено је отпушта у сушном периоду. Побољшава ваздушни режим земљишта тако што својим присуством повећава волумен пора и

растреситост супстрата чиме омогућава боље укоречавање биљке и дисање корена. Захваљујући својој специфичној кристалној решетци, јонском изменом адсорбује тешке метале и на тај начин спречава њихову акумулацију у биомаси.

Користи се као мелиоративни додатак земљишту уз друга ђубрива. За себе везује азот и његовим постепеним отпуштањем, заједно са адсорбованом водом постепено прихрањује биљку, у чему се огледа његово продужено деловање.

Агрозел се успешно примењује као рекултиватор деградираних земљишта као што су пепелишта. На овако припремљеном земљишту лако је извршити сетву која је предуслов успешног озелењавања и укоречавања биљака. Институт за технологију нуклеарних и минералних сировина у Београду развио је технологију производње агрозела 7, тако да је још једна предност коришћења овог материјала и то што се може набавити и код нас на тржишту.

УПОТРЕБА БЕНТОФИКСА

Још један од материјала примењених у пракси санације пепела је бентофикс. Примену је нашао на пепелишту ТЕ Пломин 2 у Хрватској.

Заштита земљишта испод пепела од вода које се кроз пепео спирају односно цеде, изведена је помоћу бентонитног тепиха Бентофикс НСП 5600. На бентонит је постављена геомрежа сецугрид која служи да пренесе део динамичких оптерећења за време уградње, а и да би ојачала слој земље и повећала трење на контакту бентонит–земља. Тип сецугрид геомреже добијен је на основу геомеханичког прорачуна стабилности, а зависио је од нагиба, висине и дужине косина, као и од врсте материјала на косини. Уграђено је око 120.000 m² бентофикса и сецугрид мреже (БЕНТОФИКС НСП-5600, ГЕОГРИД 30/30).

Након тога нанет је слој земље дебљине 40 cm. Затим је читава површина озелењена.

Карактеристике коришћених материјала су:

- Бентофикс представља баријеру сачињену од геосинтетичких и

глинених слојева. Снага огромног броја влакана користи се за формирање једноличног слоја набубрелог праха бентонитове соде.

- Ова балансирана комбинација влакана полимера и природне глине ствара коначан слој који се карактерише дуготрајном чврстоћом. Јак и трајан неткани геотекстил и заштитни слој чистог бентонита осигурава његове дуготрајне способности.
- Помоћу њега веома лако се врши облагање врло стрмих косина. Начин спајања влакана држи непомичним игле којима су избушена влакна стварајући тиме велику отпорност на клизање бентонита. Ово ојачање влакана не само да даје чврстоћу на смицање већ исто тако спречава попречно кретање бентонита. Кад је постављен у два слоја, бентофикс је заштићен од исушивања током читаве године.



Слика 3. Рад на постављању бентонита приликом рекултивације

GREEN-GROWING CONCRETE

„Green-growing concrete“ представља заштићен патент (Патент бр. 2981071). Чине га два слоја. Први је порозни „бетонски“ слој („porous concrete“), који је направљен од агрегата везаних цементом порозности 25–30%, дебљине између 15 и 30 cm и издржљивости на притисак до 10-15 N/mm².

Површински слој „surface base“ је дебљине 2–5 cm. Представља мешавину ђубрива, семена и органске материје која има способност задржавања воде и ђубрива а отпорна је на процесе ерозије.

„Green-fill“ представља масу за пуњење и углавном се састоји од органских материја које се користе за испуњавање празнина првог слоја „porous concrete“ како би му обезбедили потребну влажност и хранљивост и неутрализовали алкалну средину.

KIWI POWER

Један од материјала који може послужити приликом санације деградираних површина је Kiwi Power, а други Fertil-Fibers NutriMulch који су унапредили успостављање, раст и опстанак травних врста на угроженим теренима. Kiwi Power представља раствор који се наноси у количини од 22,75 литара течног концентрата по јутру површине (4047 m²). На површину земље се наноси у једнаким количинама, односно равномерно.

Док хемијска ђубрива могу да зауставе рад ензима и микрофлоре земљишта који су неопходни за раст и здрав развој биљака, овај, по околину безбедан органски комплекс, обезбеђује: снабдевање земљишта ензимима и микроорганизмима, активирање микроорганизама који побољшавају физичке карактеристике земљишта, органске материје које побољшавају водени капацитет

Процес постављања оваквог материјала обухвата најпре постављање првог слоја, затим његово испуњавање са „green-fill“ и на крају, наношење другог слоја „surface base“ и успостављање вегетације. Корење биљака продире у просторе унутар првог слоја и узима хранљиве материје из филера.

Главне одлике „green-growing concrete“ су:

- снага и чврстина бетона, а биљкама пружа услове сличне земљишту;
- овакве базе за подизање вегетације које одолевају процесима ерозије лако се могу изградити;
- добро подношење свих неповољних услова који владају на површини;
- постављање овог слоја доприноси уштеди радне снаге;
- осим травног покривача може се садити и дрвеће средње величине.

земљишта, цитокидине – биљне хормоне који стимулишу убрзан развој корена.

Концентрат Kiwi Power-а у себи садржи сарсапонин који је екстрахован из пустињских биљака и утиче на смањење стреса у врућим и сувим условима. Kiwi Power може уклонити и токсичне материје уз помоћ хемијског комплекса сарсапогенина који представља органски бактеријски активатор који стимулише развој бактерија које апсорбују токсичне материје из пепела.

Анализа органског комплекса

Овај органски комплекс је лако и безбедно користити. Биоразградив је, незагађујући и није токсичан. Сачињава га:

- спиросант – органска супстанца за квашење (20,00%),
- паргенин – органски ензим (15,62%),

- сарсапогенин – активатор бактерија (15,5 %),
- сарсапонин (10,00%),
- humic acid (10,00%),
- сумпор (2,00%),
- бакар-сулфат (1,00%),

- цитокинин – биљни хормон (0,25%),
- инертне материје (25,61%).

Поновно успостављање хумуса иницирано овим раствором обезбеђује биљкама константне количине хране за дужи период.

FERTIL-FIBERS NUTRIMULCH

Fertil-Fibers NutriMulch састављен је од органских влакана. Безбедан је по околину и лак за коришћење, а будући да се састоји од органских материја, омогућава земљишту да функционише као један уравнотежен систем. Fertil-Fibers NutriMulch обезбеђује храну и енергију микроорганизмима и на тај начин им омогућава да врше своју улогу у декомпозицији изумрлих биљних остатака, што представља и основни предуслов за стварање хумуса.

Без приступачног азота биљке заостају у развоју. Хумус, поред тога што представља извор хранљивих материја, обезбеђује и повољан водно-ваздушни режим земљишта.

Друге предности Fertil-Fibers NutriMulch су:

- смањује или елиминише потребу за додавањем скупог површинског слоја земљишта на деградираним теренима,
- смањује потребу за ђубрењем,
- не уноси корове и онемогућава њихов раст,
- обезбеђује довољне количине азота и свих материја потребних за клијање семена и раст биљака током првог вегетационог периода, па чак и дуже,
- доводи до појаве знатно мање количине азота у подземним водама у односу на ђубрење хемијским ђубривима,
- економично, безбедно и лако руковање.

За екстремно деградирани и стерилни услови попут пепелишта препоручује се комбинација наведених мешавина (Fertil-Fibers NutriMulch и Kiwi Power).

ПОЛИВИНИЛ-АЦЕТАТ

Поливинил-ацетат представља тродимензионалну мембрану која земљиште и семе држи на једном месту, а уједно омогућава и продор воде и кисеоника у подлогу. Ова маса може се нанети и приликом хидросетве или на неки други уобичајени начин наношења. Погодан је за сва земљишта и стабилизацију сетве, посебно на осетљивим подручјима. Биоразградив је и није фитотоксичан. Резултати показују да смањује захтеве биљака за водом и у сувим и у влажним условима. Коришћење дисперзије поливинил-ацетата као стабилизатора земљишта приликом рекултивација познато је у Немачкој и другим

европским земљама, Средњем истоку, северној Африци и Азији.

Поливинил-ацетат је у течном стању, а по наношењу на земљу прелази у чврсто стање.

Формира тродимензионалну структуру у виду мреже у горњих 1–2 cm земљишта. Поправља карактеристике земљишта и омогућава клијање. Вода и кисеоник могу да продру кроз покорицу. Дисперзија поливинил-ацетата задржава воду и штити земљиште и биљке од претераног исушивања, омогућава 2–5 дана раније клијање семена, за 20% већу клијавост травне вегетације, већи степен задржавања воде (и до 40%) и

спречава одношење фрагмената са депонија ветром.

Наношење ове дисперзије има велику примену и на стрмим странама депонија. Иако не омета слободан улазак кисеоника и воде, он задржава влагу дуже у земљишту.

Код примене врсте *Poa pratensis*, поливинил-ацетат показао је 10% више садржај воде у земљишту у односу на земљиште које није третирано њиме. У пробама са наводњавањем показало се да чува водени потенцијал 30% више у односу на контролно земљиште.

У Алжир у је доказано да је проценат чувања воде огroman у односу на нетретирано земљиште које губи 30–40% влаге. Са поливинил-ацетатом трава клија два до пет дана раније него у обичним условима. Ове предности су најочљивије најмање 6 недеља након третирања, све док се не успостави читав биљни покривач. Поред свега наведеног, овај метод се показао као изузетно једноставан и економичан у пракси, а посебно у пределима без воде.

Лабораторијско испитивање својстава дисперзије поливинил-ацетата укључило је серију експеримената у Немачкој од стране LUFA i Agricultural Research Institute at the University of Bonn. Резултати јасно показују побољшање структуре земљишта у односу на супстрат који није третиран. У Бугарској су извршене студије од стране Института за геологију Рударско-геолошког факултета. Студије су вршене у циљу санације деградираних земљишта коришћењем поливинил-ацетата. Обе студије су указивале на стабилизацију и способност подизања вегетације уз помоћ овог једињења, упркос јакој ерозији ветра.

Студија извршена на површини пепелишта Термоелектране Maritza-Iztok 2 потврдила је да се коришћењем овог полимера за веома кратко време може подићи појас вегетације.

Површина пепелишта Термоелектране Maritza-Iztok 2 третирана је дисперзијом поливинил-ацетата ради спречавања даљег разношења пепела. Тестирање је извршено на површини од 1 km². Фракције пепела биле су мање од 1mm и могао је да их носи ветар јачине 5 m/s.

Слој је нанешен хеликоптером (тип Камов 26) у количини 30 g/m² и рабљен је у односу 1 : 10. Читав биљни покривач успостављен је након 40 дана од наношења, упркос малој количини влаге, slabим падавинама и високим температурама. Поливинил-ацетат се лагано разлаже у периоду од 12 до 18 месеци. Време разлагања се убршава у условима влаге и високом концентрацијом органских материја. Токсични ефекти на биљке и микрофлору земљишта нису утврђени.

Наношење масе поливинил-ацетата могуће је извршити хидросејачима заједно са семеном, малчом, ђубривом и водом, што доноси знатне уштеде у цени и радној снази. Овај слој се може нанети и традиционалном опремом – распрскивачима. Опрема се након коришћења једноставно одржава, и то прањем чистом водом.

Табела 3. Резултати испитивања третираног и нетретираног земљишта

Водопропустљивост (cm/sec · 10 ⁻³)		
Дебљина (cm)	Нетретирано	Третирано (10 g/m ²)
2–6	0,6	2,5
20–24	1,5	3,2

Пропустљивост ваздуха (mm ²)		
Дебљина (cm)	Нетретирано	Третирано (10 g/m ²)
2–6	3,8	7,1
20–24	7,2	14,9

Дренажа (l воде/m ²)			
Месец	Нетретирано	Третирано (10 g/m ²)	Третирано (25 g/m ²)
Мај	1,2	0,9	1,9
Август	0,3	1,6	1,8

ЗНАЧАЈ БИОЛОШКЕ РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ДЕГРАДИРАНИХ ПОВРШИНА

Јаловишта, депоније, деградиране површине налазе се на локацијама које су у прошлости биле природна станишта. Због свега тога, након затварања депоније, односно јаловишта, тежи се да се исте површине приведу претходној функцији.

Добит од биолошке рекултивације деградираних површина треба посматрати са следећих аспеката:

- заштите подземних вода,
- заштите загађења земљишта,
- заштите загађења ваздуха,
- заштите околних природних добара,
- спречавања ерозионих процеса,
- заштите здравља човека,
- директне економске добити.

Санацијом деградираних површина контролише се проток загађујућих материја путем воде и ваздуха.

Заштита и санација деградираних површина представљају превентивну меру у заштити здравља човека. Опште је медицинско правило да је економски оправданије улагати новац у превентивну медицину него у лечење човека. Санација

деградираних површина спречава негативан утицај на становништво; самим тим се може посматрати и дефинисати као део превентивномедицинског аспекта.

Економска добит од биљног материјала (ливаде, пашњаци, дрвна маса засада) није значајна. Корист од откоса или пашњарења у овом процесу је дискутабилна јер се поставља питање здравствене исправности, квалитета истог. Код искоришћавања дрвне масе добит се може сагледати кроз дрво ниског квалитета у дужем временском периоду (дрвеће које се користи за санацију деградираних површина нема висок квалитет).

Највећа добит од биолошке санације деградираних површина огледа се у заштити животне средине и даљој намени рекултивисаног простора након санације. Намена којој се може привести простор након санације може дати високу економску добит кроз формирање излетишта, спортско-рекреативних центара који укључују спортске терене, голф клубове, веома уносна новоформирана ловишта, узгајање дивљачи и слично.

ЗАКЉУЧАК

Методе санације деградираних површина представљају поље сталног истраживања и унапређења. Примена поједине методе санације, рекултивације зависи од типа и стања деградиране површине, затим од могућности да се изведе појединачна метода, али умногоме зависи и од знања и финансијских средстава.

Имајући у виду све већи проблем загађења животне средине у свету и код нас, средства за санацију деградираних површина се морају издвајати и на решавању овог проблема се не сме штетити. Новчана средства се морају улагати у обуку кадрова и спровођење процеса рекултивације.

ЛИТЕРАТУРА

1. Carey K., „Effects of Land-Grab soil amendment on soil stability of seeded Kentucky bluegrass, perennial ryegrass, fine fescue, and tall fescue“, 1998

2. Cokić Z., Stavretović N., Smiljanić Ž. „Analysis of arsenic and mercury content in some plant species from vicinity of coal surface mines 'Drmno', 'Ćirkovac' and 'Klekovnik'“. Proceedings of the 37th International Conference on Mining and Metallurgy, 305–309, Bor, 2005
3. Цокић З., Ставретовић Н., Смиљанић Ж. „Основни принципи коришћења дрвенастих врста у рекултивацији комуналних депонија сметлишта“, Зборник радова Међународне конференције „Отпадне воде, комунални и чврсти отпад и опасан отпад“, 10–13 Април, Суботица, 2006.
4. Цокић З., Ставретовић Н., Петровић В., Миладиновић М., Зарић Ј., Мањасек С. „Ратарске врсте и њихова употреба у санацији депонија пепела и шљаке“, Зборник радова научностручног скупа о природним вредностима и заштити животне средине „Еколошка истина 2005.“, pp. 214–216, Бор, 2005.
5. Цокић З., Ставретовић Н., Петровић В., Зарић Ј., Мањасек С., „Травне врсте и њихова употреба у санацији депонија пепела и шљаке“, Зборник радова научностручног скупа о природним вредностима и заштити животне средине „Еколошка истина 2005.“, pp. 217–219, Бор, 2005.
6. Цокић З., Ставретовић Н., Петровић В., Миладиновић М., Зарић Ј., Мањасек С. „Зелести представници фамилије Fabaceae и њихова употреба у санацији депонија пепела и шљаке“, Зборник радова научностручног скупа о природним вредностима и заштити животне средине „Еколошка истина 2005.“, pp. 220–222, Бор, 2005.
7. Ivetić V., Isajev V., Stavretović N., Cokić Z. “Plant stocks production strategy for mine site reclamation purposes“, Proceedings of the 37th International Conference on Mining and Metallurgy, pp. 298–304, Bor, 2005
8. Hadjiev A., Hadjiev P., „Protective Covering Layers on Waste Stockpiles“, 1998
9. Милетић С., Илић М., Нешић Љ., „Искоришћење летећег пепела у грађевинарству и индустрији грађевинског материјала“, Прво саветовање о депонијама пепела и шљаке термоелектрана, Обреновац, 2005.
10. Northcutt P., McFalls J., „Final Performance Analysis through the 1998 evaluation cycle“, 1999
11. Ставретовић Н., Цокић З., Кисић Д., Ђеран В. „Методе биотехничке санације депонија пепела и шљаке Термоелектране 'Никола Тесла'“, Зборник радова „Првог саветовања о депонијама пепела и шљаке термоелектрана“, pp. 151–156, Обреновац, 2005.
12. Stavretović N., Cokić Z., Smiljanić Ž., “Analysis of heavy metals content in some plant species grown in vicinity of open pit mines“, Proceedings of the 37th International Conference on Mining and Metallurgy, pp. 317– 321, Bor, 2005
13. Ставретовић Н., Зарић Ј., Мањасек С., Цокић З., „Хидросетва и њена употреба у рекултивацији деградираних површина“, „Еколошка истина“, Зборник радова, Бор, 2005.
14. Stavretović N., Ceran V., Kisić D., Cokić Z. “Characteristics of Tamarix L. and its use in improvement of environment quality“, International Serbian Symposium on Mineral Processing, Proceedings, pp. 249–251, Soko Banja, 2006
15. Stavretović N., Manjasek S., “Soil remediation with bermuda grass lawns“, International Serbian Symposium on Mineral Processing, Proceedings, pp. 303–307, Soko Banja, 2006
16. Ставретовић Н., Исајев В., Иветић В., Цокић З. „Студија оправданости

- оснивања расадника за производњу садница за рекултивацију депонија пепела и шљаке ТЕ 'Никола Тесла' у Обреновцу", Шумарски факултет, Београд, 2005
17. Weller H., Gillman. "Pot Tests on Water Saving by Soil Treatment with 'Land-Grab SC-823'", 1998
18. „Рекултивација јаловишта Потрлица“, Шумарски факултет – Институт за водопривреду ерозионих подручја, Београд, 1975.
19. http://www.takenaka.co.jp/takenaka_e/news_e/pr0011/m0011_04.htm