

ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ЗАШТИТЕ, САНАЦИЈЕ И РЕКУЛТИВАЦИЈЕ ЗЕМЉИШТА ЗАХВАЋЕНОГ РУДАРСКИМ РАДОВИМА

Малић Ненад¹, Матко Уна², Трбић Миладин³

e-mail: nenad@e-stanari.net

1,3-Електране Станари д.о.о. Станари, 2-EFT Trade Beograd

Апстракт

Значај земљишта у савременом добу као природног ресурса неопходно је посматрати кроз све производно-еколошке и остале функције земљишта. Услијед развоја привреде постоји тренд умањења природног педолошког покривача у укупном учешћу територије Републике Српске. У томе предњаче урбанизација, индустријски развој, прекомјерна индустријализација пољопривреде и др. Константно се јављају последице трајног и привременог губитка земљишта проузрокованог људским фактором. У сфери експлоатације минералних сировина присутне су промјене у свим присутним еколошким заједницама, као и осталим елементима постојеће средине. Промјене особина земљишта као колектора различитих органских и неорганских материја често имају озбиљне и далекосежне последице. Значај санације и рекултивације земљишта захваћеног рударењем налази упориште и кроз постојеће законске прописе. Рекултивација формираног техногеног земљишта треба да омогући стабилизацију и санацију деградираних површина и адекватно коришћење рекултивисаног земљишта у каснијем периоду.

Кључне ријечи: деградација земљишта, рекултивација, законска регулатива, мониторинг

Тема скупа: Искуства и примјери заштите животне средине у Републици Српској

Увод

У укупном умањењу земљишта као природног ресурса и важног еколошког фактора, предњаче привредни процеси урбанизације, укупног индустријског развоја, те саме индустријализације пољопривреде. Заједно са овим антропогеним утицајем, неопходно је поменути значајан често пута негативан ефекат природних елемената под заједничким именом климатске промјене. Термин оштећења земљишта (деградација, загађење и други облици) подразумевају широк опсег квантитативних и квалитативних промјена појединих или укупних физичких, хемијских и биолошких особина земљишта.

Површинска експлоатација минералних сировина са акцентом експлоатације

која обухвата лежишта на већим површинама захтијева надзор и управљање цјелокупном површином експлоатационог поља. За потребе умањења, санације или поправке стања створеног рударским активностима примјењују се свеукупне мјере заштите животне средине, умањење саме деградације заштита, те на крају, и најважније мјере рекултивације а често и укупне ревитализације максималне површине једног лежишта (Малић, 2023). Затварање копа, рекултивација и реструктуирање предјела насталих површинском експлоатацијом нуди велике могућности за избор, и нову намјену формираног техногеног земљишта а за потребе и циљеве људске и шире природне заједнице. Избор пост-експлоатационог а након тога и пост-рекултивационог коришћења земљишта треба да се базира и на социјалним, привредним и културолошким факторима заједнице у окружењу.

Техногена земљишта или земљишта површинских копова (mine soil, mine land sites, mine degraded land) искључиво су настала антропогеним утицајем и систематизују се у VI класи раздјела аутоморфних земљишта, класа техносола, са шест поткласа (Ресуловић и сар. 2008; Каповић Соломун и Марковић 2022). Према свјетској референтној бази за земљишне ресурсе, WRB classification (World Reference Base for Soil Resources, 2014), ова земљишта детерминишу се као техносоли (technosols).

На територији Републике Српске када су у питању већи рударски басени, те процеси деградације и рекултивације, превасходно се проучавају површински копови угља, жељезне руде, боксита и др. Површина техногеног земљишта у републици заузета експлоатацијом минералних ресурса (одобрена експлоатациона поља), према новијим подацима износи 8.375 ха (Влада РС, 2020; Малић и сар., 2024).

Тумачење термина рекултивације и законски оквири

Најопштије значење термина рекултивација подразумјева у одређеној мјери поновно оспособљавање земљишта за његову примарну функцију. На свјетском нивоу се користи за све видове успостављања биљне производње на деградираним земљиштима. Појам рекултивација на латинском језику означава поновну култивацију земљишта (*rekultivatio* = поновно оспособљен). У рударству рекултивација представља завршни дио рударских активности на једном лежишту. У фокусу рјешавања затварања, санације и коначне рекултивације једног лежишта минералне сировине неопходно је извршити сљедеће:

- 1) преглед стања и искустава у погледу рекултивације на коповима и другим рударским басенима у ближем и ширем окружењу;
- 2) анализу постојећег технолошког поступка експлоатације откривке и

- корисне минералне сировине;
- 3) проучавање урађених пројектних рјешења и изведених радова на рекултивацији у протеклом периоду;
 - 4) свеобухватни приједлог рјешења организације и реализације послова техничке, агротехничке и биолошке фазе рекултивације;
 - 5) економску оцјену и дефинисање висине инвестиција у процјени трошкова рекултивације;
 - 6) вишекритеријумску упоредну анализу и избор оптималног рјешења санације и коначне намјене површине;
 - 7) завршну оцјену, закључке и приједлог даљих активности.
- Потреба за рекултивацијом у Републици Српској има двојако упориште. Као прво јавља се законска обавеза:

- ✓ Закон о рударству (Службени гласник Републике Српске, број 59/12, 62/18).
- ✓ Закон о пољопривредном земљишту (Службени гласник Републике Српске, број 93/06, 86/07, 14/10, 5/12, 58/19, 119/21),
- ✓ Закон о заштити животне средине (Службени гласник Републике Српске, број 71/12, 79/15, 70/20),
- ✓ Закон о шумама (Службени гласник Републике Српске, број 75/08, 60/13, 70/20),

Као друго, може се навести опште прихваћена свјест савременог човјека и друштва о очувању и заштити животне средине, те признавање међународних протокола и споразума (Кјото протокол, UNCCD конвенција), те стварање могућности за поновно искоришћавање једног подручја.

Према Закону о рударству Републике Српске, предузеће које је стекло експлоатационо право дужно је да у току и након завршене експлоатације минералних ресурса приведе земљиште у задовољавајуће стање. Према правилнику о изради, ревизији и одобравању рударских пројеката (Службени гласник РС, 11/19, члан 18), технички опис рекултивације садржи само неке опште цјелине (без детаљнијих захтјева у погледу садржаја самог пројекта рекултивације, као и недефинисаном овлашћењу лица за израду пројекта рекултивације), како слиједи:

- 1) структуру површина по намјени коришћења,
- 2) избор култура за рекултивацију у односу на природне и економске услове, и
- 3) технологију извођења радова на рекултивацији деградираних површина.

Рекултивацију обрађује и Закон о пољопривредном земљишту (Сл. Гласник РС, 119/21, члан 30) и то у домену промјене намјене пољопривредног

земљишта, након чега је корисник дужан да рекултивише земљиште у складу са пројектом рекултивације. Под промјеном намјене пољопривредног земљишта сматра се и експлоатација минералних сировина на одређено вријеме. У пројектима рекултивације између осталог налаже се потреба за правилним одвајањем и депоновањем, те накнадним поновним коришћењем хумусног слоја земљишта.

У оквиру Закона о заштити животне средине (Службени гласник РС, 70/20) гдје се обрађује санација површина, постоји Правилник о садржају пројекта ремедијације и рекултивације (Службени гласник РС, 97/20), у коме се наводи детаљан садржај пројекта код санације земљишта код загађене, односно деградиране локације.

Пројектовање и реализација рекултивације на површинским коповима и, рудницима уопште, као извршни креативан инжињерски задатак, треба да обухвати и сумира све новостворене техногене површине, отклони или у највећој могућој мјери ублажи посљедице настале извођењем рударских радова (Малић, 2015). Комплетније дефинисање рекултивације земљишта и простора посматра се кроз три цјелине:

- I. израда планско-пројектне документације, почетак рударских радова експлоатације уз оцјену природног педолошког покривача са подобношћу за селективно одвајање и привремено депоновање плодних површинских земљишних хоризоната;
- II. извођење рекултивације техногеног земљишта кроз примјену потребних појединих фаза (техничка, агротехничка и биолошка фаза рекултивације), и редовну анализу земљишта и биљака у процесу рекултивације; и
- III. скуп мјера и активности за руковођење, праћење и искоришћавање простора у пост-рекултивационом периоду.

Ток свих активности управљања земљиштем под окриљем потенцијалног рударског процеса требао би имати сљедећи редосљед (Малић и сар. 2022):

- планирање активности значајних за управљање земљиштем,
- реализација планираних активности управљања земљиштем,
- рекултивација земљишта,
- мониторинг стања и квалитета земљишта.

Истраживањем обима и правца биолошке фазе рекултивације у три највећа угљена басена у Републици Српској (гатачки, угљевички и станарски) током 2009. и 2010. који су у том периоду заузимали површину око 2.000 ha, Малић и сар. (2010) објављују податке да је процесом рекултивације обухваћено око 10% техногеног земљишта на наведеним локацијама, што је представљено

рекултисолима, са доминантним правцима пошумљавања и формирања травњака а незнатно је присутно ратарство и воћарство (више у фази истраживања). Величина и правац процеса рекултивације је динамичан, у зависности од појединих локација минералних сировина и обима рударења. Тако Малић и сар. (2016) наводе да је у десетогодишњем периоду експлоатације на п.к. Рашковац (угљени басен Станари), рекултивацијом захваћено 56 ha са сљедећим односом различитих проведених облика и праваца:

- пошумљене површине са присутном ауторекултивацијом 40 ha,
- формирани сијани травњаци 15 ha, и
- експерименталне површине 1 ha.

Када је у питању динамика провођења рекултивације у оквиру угљеног басена Станари (што укључује читав п.к. Рашковац, затим п.к. Остружња, зона Драгаловци и локација ТЕ Станари) сваке године процесом рекултивације буде захваћено нових 18–20 ha техногеног земљишта.

Завршетак рекултивације са биолошког и еколошког аспекта детерминише се формирањем развијенијег типа техногеног земљишта, рекултисола са стабилним биљним покривачем и појавом иницијалног хумусног акумулативног слоја, или пак хоризонта (биоорганоминерални површински слој земљишта са тенденцијом диференцијације хоризонта), који имплицира у већој или мањој мјери побољшане еколошко-производне особине, тј. потврђену већу плодност и укупну продуктивност новог земљишта, у односу техногени матични супстрат (Малић 2015; Малић и Матко 2018; Малић и сар. 2022).

Биљне заједнице у процесу рекултивације неминовно мијењају деградирана природна и новостворена техногена земљишта кроз обнављање, санацију и стабилизацију депосола. При томе се издваја процес раста и развоја коријеновог система, као и покривеност, тј. покривност површине депосола у процесу рекултивације са биљном масом (Малић, 2023). Заснована вегетација повећава садржај органске материје у земљишту, смањује запреминску масу и стабилизује рН, те износи минерална хранива у површински слој, и акумулира их у приступачне облике. Спонтана или заснована вегетација, осим што подстиче развој депосола у континуираном временском интервалу, ствара естетски уредније пејзаже, те доприноси могућем продуктивном коришћењу рекултивисаног земљишта.

Индикатори техногеног земљишта као оцјена деградације и потреба за рекултивацијом

Мониторинг основних особина природног и техногеног земљишта приказан је у табели која слиједи:

Табела 1 Посматране физичке и хемијске особине земљишта, потенцијални проблеми, узроци и мјере побољшања (Малић и сар. 2022)

Особина индикатор	Проблем	Узрок	Потребна мјера
Органска материја (ОМ)	Низак садржај	Неразвијено техногено земљиште, пјесковите текстуре	Уношење органске материје кроз провођење мјера рекултивације
Структурни агрегати	Нестабилност, појава покорнице	Низак садржај ОМ	Адекватан начин обраде, уношење ОМ, користити малч системе
Запреминска маса	Збијање, мала филтрација	Кретање тешке механизације, слаб водно-ваздушни режим, низак садржај ОМ	Правилна и правовремена примјена механизације, уношење ОМ
Степен инфилтрације и филтрације	Врло спора или врло брза	Недостатак биљног покривача, мала дубина, низак садржај ОМ	Гајење у малч систему, контрола обраде, уношење ОМ
Укупни водни капацитет	Ограничење раста и развоја биљака, губитак хранива	Низак садржај ОМ, хетерогеност формираног техногеног земљишта, кретање тешке механизације, слаб водно-ваздушни режим	Уношење ОМ, адекватан начин обраде зељишта, ротација усјева
Водна ерозија	Интензивни ерозиони процеси са формирањем великих канала (јаружна ерозија), испирање хранива	Нестабилни структурни агрегати, земљиште под нагибом, неразвијеност биљног покривача	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ, стабилизација косих површина
рН земљишта	Честа повећана киселост	Техногено земљиште (нпр. матични супстрат кварцног састава)	Калцификација, уношење ОМ, избјегавање киселих ђубрива и оплемењивача
Адсорптивни комплекс земљишта	Недовољна засићеност базних катјона	Неразвијено техногено земљиште, ниска рН вриједност	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ, калцификација
Укупна и ефективна плодност	Низак степен плодности, ограничење раста и развоја	Недостатак макро и микро елемената, низак садржај ОМ, ниска рН	Избаласнирана примјена ђубрива, повећање рН вриједности
Контаминација земљишта	Ограничење коришћења биљних заједница са рекултивисаних површина	Повећана концентрација појединих опасних и штетних материја	Селективно одлагање различитих геолошких слојева, индиректна рекултивације, ремедијација
Садржај органског угљеника	Низак садржај хранива и промјенив рН	Низак садржај ОМ, испирање, последице водне ерозије	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ, максимална покривеност земљишта усјевима, задржавање биљних остатака
Микробиологија земљишта	Редукована микробиолошка активност	Низак садржај ОМ, висок однос C:N, ниска плодност	Примјена агротехничких и мјера рекултивације, уношење ОМ

Потенцијална вриједност техногеног земљишта прије, као и у процесу укупне рекултивације (укључујући техничку, агротехничку и биолошку фазу) представља његову стварну вриједност или способност за раст и развој, превасходно гајених биљака..

С тим у вези, најважније проучавање особине земљишта могу се посматрати као индикатори који сваки појединачно или групно омогућавају или лимитирају успјешну рекултивацију, те потенцијално коришћење у накнадном периоду (Малић и сар. 2022).

Основни облици санације рударских радова и пројектна рјешења рекултивације

За квалитетан приступ санацији техногеног рељефа насталог рударским радовима, као и при неопходном пројектовању мјера рекултивације на једном рудном лежишту или његовом дијелу намеће се обавезна анализа параметара у ширем контексту који садржи:

1. проучавање квалитета природног педолошког покривача са аспекта могућности, погодности и исплативости за селективно откопавање површинских хоризоната земљишта, те њихово касније коришћење у рекултивацији;
2. пројектовање одговарајућег типа, правца са слиједом појединих фаза рекултивације, сукцесивно пратећи завршетак рударских радова на појединим дијеловима лежишта, уз утврђени мониторинг земљишта и биљака у процесу рекултивације; и
3. планирање и квалитетно дефинисање управљања рекултивисаним земљиштем и осталим еколошким цјелинама уз сагледавање могућности даљег коришћења у пострекултивационом периоду.

Пројектна рјешења рекултивације могу имати широку лепезу облика, метода и праваца како на различитим коповима, тако и на појединим дијеловима једног рудног лежишта. Најчешћи правци и методе биолошке фазе рекултивације, као и друге могуће крајње пренамјене новоствореног техногеног рељефа, јесу слједеће (Малић, 2023; Малић и сар., 2024):

- пољопривредна рекултивација (слике 1–2),
- шумарска рекултивација (слика 3),
- рекултивација заснивањем биоенергетских плантажа (слика 4),
- рекреационо туристички садржаји са воденим површинама (језера, базени и др),
- рекултивација кроз посебне урбанистичке намјене простора (изградња различитих објеката и сл).

Округли сто: Рударство као прилика за привредни развој и еколошки изазови,
Приједор, 2025.



Слике 1–2 Пољопривредни модели рекултивације на одлагалиштима откривке п.к. Рашковац, Станари (гајење житарица и крмног биља)



Слика 3 Пошумљена косина одлагалишта п.к. Рашковац



Слика 4 Засад мискантуса на одлагалишту откривке п.к. Рашковац

Уведеној рекултивацији биолошким методама а којој су претходиле и друге неопходне техничке и мелиоративне припреме техногеног земљишта, у

накнадном периоду очекује се искоришћавање земљишта кроз његове основне производно-еколошке функције (као и код природног земљишта). Осим оваквих модела санације и коришћења технорељефа у рударским басенима, могу се примијенити и друге методе, којима би се одређени дио површина користио као подлога у техничкој сфери, тј. секундарној групи функција земљишта (грађевинарство, енергетика, и други видови привређивања и искоришћавања).

У пројектовању биолошких мјера рекултивације најважнији је избор одређених и одговарајућих биљних врста ако је ријеч о планирању заснивања копнених екосистема. Одавно је познато да успјех биолошке рекултивације одлагалишта јаловине умногоме зависи од правилног избора биљних врста, од њихове одомаћености, истрајности, продуктивности и од агротехничких мјера које се примјењују код гајења биљака на одлагалиштима откривке, јаловине, пепела, шљаке и другим неплодним материјалима.

Завршетак рекултивације провођењем биолошких мјера, може се дефинисати формирањем развијенијег и плоднијег површинског хоризонта/слоја техногеног земљишта у типу рекултисола. Рекултисол треба да карактерише стабилни биљни покривач и појава иницијалног хумусног акумулативног слоја, или пак хоризонта (биоорганоминерални површински слој земљишта са тенденцијом диференцијације хоризонта), који имплицира у већој или мањој мјери побољшане еколошко-производне особине, тј. потврђену већу плодност и укупну продуктивност новог земљишта, у односу техногени матични супстрат (Малић 2015; Малић и Матко 2018; Малић и сар. 2022).

Умјесто закључака

Током извођења рударских радова јављају се штетне посљедице по животну средину, при чему се истиче привремени облик деградације или губитка земљишта са осталим пратећим консеквенцама. Поштовање одговарајућих законских прописа даје нарочит допринос у укупном програму од пројектовања до реализације радова рекултивације. За правовремено и квалитетно ублажавање или комплетну санацију деградираних површина неопходан је константан мониторинг природног и техногеног земљишта. Значај мониторинга огледа се кроз ублажавање и спречавање нежељених посљедица у сфери земљишта, те праћење стања и већ насталих промјена у циљу спречавања даљих негативних утицаја. Сама примјена рекултивације и коришћење техногеног земљишта у пост-рекултивационом периоду проводи се кроз више различитих фаза, модела и облика.

Референце/Литература

- Влада Републике Српске, 2020. *Катастар одобрених експлоатационих поља* (2020). Доступно на: <https://vladars.net/sr-SP/Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/katastistraz/Pages/default.aspx>.
- Маријана Каповић Соломун, Михајло Марковић, 2022. *Земљишта Републике Српске*. Универзитет у Бањој Луци – Шумарски факултет Бања Лука, Бања Лука.
- Ненад Малић, Владимир Бијелић, Горан Ковачевић, 2010. *Рекултивација техногених земљишта у Републици Српској*. Зборник радова I Међународног симпозијума "Савремене технологије у рударству и заштити животне средине – Рударство 2010". Србија - Тара, 437–444.
- Ненад Малић, Радмила Котаран, Горан Ковачевић, 2016. *Позитивни примјери рекултивације техногених површина на пк Рашковац – Станари*. Зборник радова II Рударско-геолошког форума са међународним учешћем "Приједор 2016". Приједор, 60–69.
- Ненад Малић, 2015. *Рекултивација Станарских депосола примјеном агромелиоративних мјера и сјетвом травно-легуминозних смјеса*. Докторска теза, Универзитет у Бањој Луци, Пољопривредни факултет Бања Лука.
- Ненад Малић, Матко Стаменковић Уна, 2018. *Карактеристике педогенетских процеса при интензивним агротехничким мјерама у процесу рекултивације*. Земљиште и биљка, Вол. 67, Бр. 2, 10–29.
- Ненад Малић, Михајло Марковић, Миладин Трбић, 2022. *Планирање и мониторинг активности значајних за управљање земљиштем у зони ЕФТ – Рудник и термоелектрана Станари*. Књига сажетака симпозијума „Земљиште у доба прецизне пољопривреде и информационих технологија". Нови Сад, 16–17. јун 2022, 50–51.
- Ненад Малић, 2023. *Земљиште у сфери индустријализације и рударства – посљедице и санација*. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LV: 323–376. DOI 10.7251/EORU2309323M
- Ненад Малић, Уна Матко, Миладин Трбић, 2024. *Потенцијал техногеног земљишта рударских басена републике српске у производњи биоенергије*. Округли сто: Рударство као прилика за привредни развој и еколошки изазови. Приједор, 07.06.2024. <http://dx.doi.org/10.7251/ZRRF2401089M>.
- Службени гласник Републике Српске. *Закон о рударству* (број 59/12, 62/18).
- Службени гласник Републике Српске. *Закон о пољопривредном земљишту* (број 93/06, 86/07, 14/10, 5/12, 58/19, 119/21).
- Службени гласник Републике Српске. *Закон о заштити животне средине* (број 71/12, 79/15, 70/20).

- Службени гласник Републике Српске. *Закон о шумама* (број 75/08, 60/13, 70/20).
- Службени гласник Републике Српске. *Правилник о издавању и одузимању лиценци за обављање послова у области рударства* (број 109/18).
- Службени гласник Републике Српске. *Правилник о изради, ревизији и одобравању рударских пројеката* (број 11/19).
- Службени гласник Републике Српске. *Правилник о садржају пројекта ремедијације и рекултивације* (број 97/20).
- FAO, IUSS WORKING GROUP WRB: World Reference Base for Soil Resources, 2014, update 2015. Доступно на: www.fao.org/3/a-i3794e.pdf Accessed on 03/03/2016
- Хуснија Ресуловић, Хамид Чустовић, Изет Ченгић, 2008. *Систематика тла/земљишта* (настанак, својства и плодност). Универзитет у Сарајеву – Пољопривредно-прехранбени факултет Сарајеву