

Земљиште у сфери индустријализације и рударства – последице и санација

Ненад Малић

Сажетак: Земљишни фонд Републике Српске налази се под утицајем оштећења кроз четири основне групе процеса: микробиолошка контаминација земљишта, хемијска контаминација, антропогена деградација и физичка деструкција или нестајање земљишта. Најчешћи узроци контаминације земљишта су: тешки метали, једињења сумпора, органски полутанти, киселе кише, пестициди, минерална ђубрива, радиоактивно зрачење, лежишта минералних сировина, депоније разног отпада и др. Деградација земљишта посматра се кроз процес одношења земљишта (ерозија) и као деградација земљишта унутар самог профила (*in situ*). Деструкција земљишта је најтежи облик оштећења и губитка земљишта. Привремени губитак земљишта највише је условљен површинском експлоатацијом минералних сировина. Рударске активности имају највидљивије последице на комплетну животну средину (земљиште, вода, ваздух, организми). Развојем експлоатације минералних сировина и одлагањем рударске откривке и јаловине формирају се техногена земљишта. За смањење негативног утицаја рударских активности и санацију деградираних простора потребно је вршити рекултивацију и друге мјере заштите животне средине.

Цитирање: Малић Н (2023) Земљиште у сфери индустријализације и рударства – последице и санација. У: Илић П, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Животна средина. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LV:323–376

Cite as: Malić N (2023) Soil in terms of industrialization and mining – consequences and soil recovery. In: Ilić P, Govedar Z, Pržulj N (eds) Environment. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LV:323–376

У Републици Српској рекултивацијом је обухваћено око 10% техногеног земљишта на три угљена басена (Гацко, Угљевик и Станари). Техногена земљишта налазе се у VII класи и првој поткласи раздјела аутоморфних земљишта. Овој класи припадају два основна типа: депосол и рекултисол.

Депосол је одложени или депоновани јаловински материјал прије започетог процеса рекултивације. Рекултисол детерминише техногено земљиште у различитом степену и интензитету рекултивације. Плодност депосола, као и већине других типова техногених земљишта, углавном је ниска. Основни циљ рекултивације техногеног земљишта је стабилизација површина и подизање укупне и ефективне плодности. Једна од најважнијих земљишних особина која се прати у процесу рекултивације јесте садржај органске материје. Редован мониторинг у близини рударско-индустријских објеката важан је са аспекта информација о стању земљишта и биљног покривача на рекултивисаним површинама.

Кључне ријечи: Деградација и деструкција земљишта, експлоатација минералних сировина, техногено земљиште, рекултивација, биљни покривач, органска материја, мониторинг

10.1. Увод

Значај земљишта најчешће се посматра кроз његове двије основне групе функција. Примарне функције су производно-еколошке и огледају се у улози и одржавању живог свијета. Основна функција земљишта у пољопривреди и шумарству јесте производња хране и сировина (биомасе) за становништво. Земљиште је и станиште великог броја биљака и животиња (организама) који живе на њему и у њему.

Друга, секундарна група функција огледа се у коришћењу земљишта за друге намјене, као што су: изградња насеља, индустријских објеката, саобраћајница, експлоатација минералних сировина, за одлагање разног отпада (инертног, неопасног и опасног састава) и изградња рекреационих и спортских терена те многих других објеката. Даље, земљиште служи и као извор енергије и воде, а важност му је и са аспекта археолошког богатства. Земљиште је ограничен, тешко обновљив а често и практично необновљив ресурс.

Од укупне површине копна пољопривредне површине у свијету чине 37,6% а удио обрадивих површина у свијету износи око 14,6% (Јањић и Пржуљ

2020). Свјетски просјек обрадивих површина по становнику износи 0,21 ха, а европски 0,4 ха обрадивог земљишта по становнику. Република Српска (РС) је релативно богата земљиштем са аспекта потреба пољопривредне производње.

Таб. 10.1. Структура коришћења земљишта у Босни и Херцеговини
(Пољопривредни институт 2009)

Table 10.1. Soil use structure in Bosnia and Herzegovina (Пољопривредни институт 2009)

Структура површина	Република Српска (ха)	РС (%)	Федерација БиХ (ха)	ФБиХ (%)
Укупно	2.505.300	49,0	2.607.579	51,0
1. Шуме	1.209.590	44,7	1.500.179	55,3
2. Пољопривредно земљиште	1.298.619	50,8	1.258.796	49,2
2.1. Оранице и баште	671.599	56,9	508.062	43,1
Ратарске културе	616.548	57,2	41.360	42,8
Воћњаци	54.358	56,8	41.395	43,2
Виногради	693	11,5	5.307	88,5
2.2. Ливаде	236.922	48,8	248.291	51,2
2.3. Пашњаци	358.734	41,7	502.443	58,3
Пољ. земљиште по стан.	0,9		0,56	
Оранице и баште по стан.	0,46		0,23	

Према подацима Републичког завода за статистику, укупна површина пољопривредног земљишта у Републици Српској у 2019. години износила је 1.008.000 ха, а шуме и шумско земљиште заузимају површину од 1.010.497 ха или 41% укупне површине РС (Републички завод за статистику 2020). Подаци из 2021. године указују да Република Српска има 0,83 ха пољопривредног, односно 0,68 ха обрадивог земљишта по становнику, укупно 981.814 ха пољопривредног земљишта или 40,57% од укупне територије РС (Влада РС Стратегија развоја пољопривреде 2021).

У односу на изнесене податке примјетан је тренд благог умањења пољопривредног земљишта у укупном учешћу територије. У Републици Српској II, III и IV бонитетна класа обухвата 26,08% пољопривредног земљишта (Лукић и сар. 1997).

Свега око 14% од укупне територије Босне и Херцеговине припада I, II и III бонитетној класи земљишта, а у комбинацији са IV класом тај удио износи 30,87% (Чустовић 2005). Фонд оштећених и уништених земљишта у БиХ је

око 50.000 ha. Подаци на крају другог миленијума указивали су да годишњи губици земљишта у БиХ износе око 3.000 ha (Ресуловић 1999). Према подацима CORINE (*Coordination of Information on the Environment*), умањење пољопривредног земљишта у БиХ у периоду 2000–2018. године било је 14.152 ha или 786 ha годишње (Ljuša i Ćustović 2019).

Осим природних ограничења земљишта у одређеним облицима производње, константно се појављују посљедице трајног и привременог губитка земљишта узроковани људским фактором. У том правцу износе се подаци да је антропогеним утицајем до сада неповратно уништено 430 милиона хектара пољопривредног земљишта, односно око 30% укупних обрадивих површина наше планете (Lal 1990). Исти извор процјењује природну продукцију наноса на 9,9 милијарди тона годишње, док је антропогеним дјеловањем узрокована 2,5 пута већа ерозија или продукција наноса од 26 милијарди тона годишње. Процјена годишњег губитка земљишта у свијету износи око 7.000.000 ha.

10.2. Облици оштећења земљишта

Сви основни природни ресурси, међу њима и земљиште, константно су изложени високом ризику оштећења, загађења и уништења и у РС и на глобалном нивоу. Урбанизација, индустријски развој и деаграризација удаљава човјека од руралних простора, а истовремено не умањује његову зависност од неизмјерно важних природних ресурса.

Земљиште као вишефазни систем често има функцију колектора органских и неорганских хемикалија и других материја које доспијевају из различитих извора и на различите начине. Тако оптерећено земљиште може бити секундарни извор загађења осталих дијелова екосистема, превасходно воде, ваздуха, површинских и подземних вода и биљака које се узгајају на контаминираном земљишту (Танчић 1993; Секулић и сар. 2003; Ilić et. al 2020, 2021a).

Међу основне пријетње по земљиште издвајају се: контаминација, губитак земљишта, салинизација, збијање, ерозија и клизишта. Усљед нерационалног коришћења, као и самог оштећења, али и потпуног губитка земљишта, у домену различитих видова оштећења издвојене су четири основне групе процеса (Марковић и Лукач 2009):

- микробиолошка контаминација земљишта,
- хемијска контаминација,

- антропогена деградација и
- физичка деструкција или нестајање земљишта.

10.2.1. Микробиолошка контаминација земљишта

Микробиолошка контаминација земљишта означава уношење у земљиште разних заразних и на други начин штетних микроорганизама (бактерије, вируси, гљиве), тако да они преко земљишта и осталих непосредних сфера могу изазвати инфекцију и осталог живог свијета. Овим процесима су нарочито захваћена урбана и субурбана подручја: дјечија игралишта, паркови, по којима се крећу заражени пси и мачке, и подручја гдје се закопавају лешеве заражених животиња.

Хемијска контаминација земљишта (lat. *kontaminatio* = кварење, прљање или загађивање) представља уношење у земљиште разних полутаната у сва три агрегатна стања која најчешће нису продукт нормалних педогенетских процеса (Merrington et al. 2002). Након апсорпције у земљишту њихове концентрације постају знатно веће од нормално присутних у земљишту. Рјешавање проблема контаминације животне средине данас представља једну од највећих преокупација човјечанства. Појам контаминације подразумијева сваку негативну промјену која се тиче живог свијета и животне средине. За узроке и посљедице нарушавања животне средине најодговорнији је човјек. Најчешћи узроци контаминације земљишта на подручју Републике Српске и окружења јесу: тешки метали, једињења сумпора, органски полутанти, киселе кише, пестициди, минерална ђубрива, депоније разног отпада (комунални, медицински отпад, депоније пепела и црвеног муља), итд. Те врсте оштећења су нарочито присутне у насељеним мјестима, поред већих индустријских објеката и у високо развијеним пољопривредним центрима. Према регулативи ЕУ (COM 2006, 231 final), о контаминацији земљишта говори се када се у земљишту идентификује присуство загађујућих материја изнад прописаног нивоа, што узрокује погоршање или губитак једне или више функција земљишта.

Микробиолошка и хемијска контаминација земљишта могу се именовати као загађење земљишта. Под појмом загађења земљишта и уопште животне средине подразумијевају се квантитативне и квалитативне промјене појединих или укупних физичких, хемијских и биолошких особина поједине сфере. Костић (2007) под загађујућом материјом подразумијева сваку физичку, хемијску, биолошку или радиоактивну, гасовиту, течну или чврсту

материју или супстанцу која смањује природни квалитет воде, земљишта или ваздуха.

Крајем двадесетог вијека усљед јасно видљивих и присутних еколошких проблема уследило је успостављање концепта одрживог развоја (Johnson 1993; Nath et al. 1996). Одрживи развој заснива се на примјени чистих, енергетски ефикасних технологија, рециклажи материјала, ограничењу емисије полутаната и др. Веома је значајно и управљање токсичним материјама, опасним и радиоактивним отпадом, примјеном резултата биотехнологије. За деконтаминацију земљишта користе се разне методе ремедијације и фиторемедијације, описане у многобројној домаћој и страниј литератури (Terry and Bañuelo 2000; Barcelo and Poschenrieder 2003; Дражић и сар. 2014; Pandey et al. 2016). У фиторемедијацији за деконтаминацију земљишта истичу се врсте из родова: *Miscanthus*, *Ricinus*, *Populus sp.* (Babović i sar. 2012; Џелетовић 2012; Pandey et al. 2016).

У погледу контаминације земљишта проблем представљају технологије које дају велику количину отпада. Процјењује се да се у свијету годишње прерађује око 25 милијарди тона сировине, од чега се у готовим производима нађе свега од једне до 15 милијарди тона, док остатак представља отпад који захтијева адекватно третирање и одлагање, осим у случају немогућности његовог поновног искоришћења у форми корисних производа. С обзиром на то да је пракса поступања са отпадом у слабије развијеним и неразвијеним државама таква да се у околини насељених мјеста често стварају дивље депоније кабастих, одбачених предмета и да се на несанитарне депоније комуналног отпада одлажу, осим комуналног и друге врсте отпада, може се закључити да депоније могу значајно угрожавати непосредну педосферу и хидросферу.

У најширем смислу загађујуће материје дијеле се на органске и неорганске. Утврђено је да органске супстанце чине велику групу од преко 1.600 хемикалија природног и антропогеног поријекла, које су присутне у природном и загађеном окружењу (Gradel 1978).

Од физичких агенаса контаминације земљишта најзначајнији су радионуклиди (Танчић 1993). Најбитнија особина радионуклида је јонизујуће зрачење, које подразумијева својство неких хемијских елемената, односно њихових изотопа да емитују невидљиве честице и зраке велике енергије. У природи се налази око 50 радионуклида, који по правилу имају врло дуго вријеме полураспада и врло мали обим зрачења. Они су сврстани у три одвојена радиоактивна низа: низ торијума, низ урана и низ актинијума.

Међу најзначајнијим загађујућим материјама органског поријекла истичу се: продукти из процеса рафинације нафте, као што су нафтни угљоводоници; и органохлорна једињења, као што су пестициди или полихлоровани бифенили, диоксини, фурани и сл. (Ilić et al. 2021a, 2021b). У отпаду се органске загађујуће материје могу јављати у виду самосталних једињења или у виду комплексних мјешавина са другим једињењима, укључујући и неорганске загађујуће материје. Многе органске загађујуће материје посједују опасне карактеристике. US EPA (1992, 2014) дефинисала је опасне супстанце као оне које посједују бар једну од следећих опасних особина: токсичност, корозивност, самозапаљивост и хемијску реактивност. Опасне материје дефинишу се и као супстанце које су токсичне (канцерогене, тератогене и мутагене), перзистентне или подложне биоакумулацији (Кастори и сар. 2006). Једна од најзначајнијих група опасних загађујућих материја јесу перзистентна органска једињења (*persistent organic pollutants*, POPs), која се у животној средини не мијењају или је њихово нестајање толико споро да се због тога акумулирају у дијеловима екосистема.

Уобичајене неорганске загађујуће материје у земљишту су: тешки метали и металоиди. Неки од њих (Zn, Cu, Fe, Mo, Ni, B и Cl) су неопходни за исхрану биљака у ниским концентрацијама (биогени микроелементи). У већини случајева у земљишту они се налазе у ниским концентрацијама, док су у већим количинама често присутни Mn, Zn, Cu, Fe, Mo и Ni, те тада представљају оптерећење за животну средину. Други елементи (Cr, Cd, Hg и Pb), који нису неопходни биљкама, често проузрокују загађење земљишта. Као најтоксичнији тешки метали за биљке и животиње наводе се Pb, Cd, Ni и Hg (Stefanovits 1999). Природни садржај тешких метала у стијенама, минералима и земљиштима је честа појава, али је у већини случајева низак. Узроци повећаног садржаја тешких метала антропогеног поријекла најчешће се приписују: индустријским постројењима за прераду метала (рудници, топионице метала), саобраћају, коришћењу фосилних горива у термоелектранама, индустрији и домаћинствима. Услед поменутих активности човјека, тешки метали се ослобађају у ваздух, и у виду кише, гасова и чађи доспијевају на површину земљишта (Манојловић и сар. 2014). Многа истраживања бавила су се испитивањем утицаја термоелектрана и сагоријевања угља на садржај тешких метала у околним земљиштима (Mehra et al. 1998; Mendal and Sengupta 2006; Dželetović et al. 2015; Savic et al. 2018; Ilić et al. 2022).

Многобројни фактори утичу на понашање тешких метала у земљишту, а самим тим и на њихову покретљивост у земљишту и приступачност за биљке: реакција земљишта (pH вриједност), садржај органске материје и глине у земљишту, механички састав, влажност, садржај калцијум-

карбоната и др. Реакција земљишта има пресудан утицај на динамику свих елемената у земљишту, посебно микроелемената и тешких метала. У киселој средини повећава се растворљивост тешких метала, они прелазе у земљишни раствор, одакле их усваја биљка. Често биљке усвајају тада веће количине ових елемената. Код земљишта са киселом реакцијом калцификација, односно подизање рН вриједности изнад 6,5 значајно смањује растворљивост, а тиме и њихову токсичност за биљке и организме у земљишту.

Органска материја у земљишту има велики утицај на приступачност тешких метала за биљке. Присуство органске материје у земљишту повећава задржавање мобилних форми ових елемената у земљишту (адсорпција елемената). Утврђено је да органска материја са тешким елементима ствара комплексе (хелате), који олакшавају усвајање тешких метала. Садржај глине такође има великог утицаја на динамику тешких метала у земљишту. У земљиштима са високим садржајем глине изузетно је велико везивање и задржавање ових елемената. У ком степену ће се дио или општа токсичност полутаната одразити на живи свијет зависи од концентрација и начина њиховог понашања у земљишту, односно од количина које су биљке усвојиле. У великој мјери на то утиче и тип земљишта, нарочито органоминерални комплекс (Ковачевић и сар. 2008).

10.2.2. Деградација земљишта

Коришћење земљишта доводи до поремећаја равнотеже између појединих педогенетских фактора. Човјек својим активностима утиче на повећање или умањење природне отпорности земљишта према одређеним видовима деградације. Тако се деградација дефинише као скуп процеса антропогеног поријекла, који у најмању руку смањују садашњи и будући потенцијал земљишта у производњи хране, која је један од услова опстанка садашњег живог свијета. Према Упутству за општу процјену антропогеног оштећења земљишта (Oldeman 1988), издвојена су два типа деградационих процеса:

1. деградација одношењем (ерозијом) земљишта на мању или већу удаљеност, у оквиру које се разликују ерозија водом и ерозија вјетром,
2. деградација земљишта *in situ* (унутар самог профила земљишта), при чему може доћи до погоршања хемијских, физичких и биолошких процеса у земљишту.

Оштећење структуре земљишта, стварање водолежи и слијегање земљишта често је посљедица дисперзије земљишних честица узроковане присуством соли (Na и Mg) (Хаџић и сар. 1999). С аспекта пољопривредне производње различита земљишта или поједини хоризонти и слојеви истог земљишта сматрају се сабијеним када им је укупна и диференцијална порозност таква да ограничава кретање воде и ваздуха, односно спречава аерацију, и када је земљиште сабијено у мјери да присутне поре ометају нормалан раст и развој коријеновог система. Осим тога, сабијеност земљишта манифестује се и у стварању потешкоћа при извођењу самих агротехничких и других операција (Живковић 1991; Ћирић 1991). Сабијање земљишта може бити природног и антропогеног поријекла. У природи су присутна земљишта са сабијеним слојевима или хоризонтима, која су посљедица прије свега механичког састава, њиховог водног режима, односно различитих педогенетских процеса који се одвијају *in situ* (Секулић и сар. 2003; Малић и сар. 2021).

Деградација (поремећај биолошких процеса у земљишту) повезана је са биохемијском активношћу микроорганизама који утичу на низ педогенетских процеса и на тај начин учествују у стварању и одржавању његове плодности. Земљиште садржи бројна органска једињења и организме који могу негативно утицати на здравље људи.

Неке појаве деградације и дезертификације земљишта уско су повезане са климатским промјенама свјетских размјера. У природне непогоде под утицајем климатских промјена уврштене су: поплаве, суша, клизишта, шумски пожари и др. Ове непогоде интензивирани су посљедњих 20 година. Наведени фактори идентификовани су и представљају озбиљан проблем у подручјима интензивне пољопривредне производње Републике Српске (Каповић Соломун и Марковић 2022).

10.2.3. Деструкција земљишта

Деструкција земљишта означава физичко нестајање земљишта, односно има карактер педоцида. То је уједно и најтежи облик оштећења и губитка земљишта. Настаје под утицајем: површинске експлоатације разних сировина, изградње насеља, изградње индустријских објеката, изградње водних акумулација, одлагања разног отпада, јаружне ерозије, клизишта и др. На простору Босне и Херцеговине у другој половини двадесетог вијека приступило се сагледавању посљедица појава оштећења земљишта (Ресуловић 1978). У Републици Српској први научни и стручни радови из ове

области објављивани су почетком новог миленијума (Марковић 2006а, 2006б).

Различити узрочници деструкције земљишта стварају три основне групе оштећења због којих долази до:

- 1) привременог искључења земљишта из производње,
- 2) трајног искључења земљишта из производње и
- 3) треће групе оштећења која, у зависности од интензитета појава, могу бити ближа првој или другој групи.

Привремени губици земљишта доводе до његовог искључења из коришћења у пољопривреди или шумарству за одређени временски период (краћи или дужи), а као најважнији узрочници овог оштећења наводе се површинска експлоатација минералних сировина и депоније (одлагалишта) различитих материјала (Малић 2010а; 2010б).

Трајни губици земљишта, узроковани урбанизацијом и развојем грађевинарства (изградња насеља, индустријских и других објеката, водних акумулација, свих врста копнених саобраћајница) и јаружном ерозијом представљају најтежи облик оштећења земљишта. У овим случајевима земљиште се трајно (заувјек) искључује из производње (у пољопривреди и шумарству) или на веома дуг временски период, дужи од људског вијека.

У геоморфолошком смислу знатан дио Републике Српске угрожен је од ерозије усљед нагиба терена, 23,29% територије има нагиб 10–20 степени, а око 5% територије лежи на падинама са нагибом већим од 35 степени (Каповић Соломун и Марковић 2022). Ове бројке сврставају ерозију у један од важних проблема деградације земљишта у ширем значењу.

10.3. Експлоатација минералних сировина у Републици Српској

На територији Републике Српске, као посљедица сложених геолошких процеса, налазе се релативно обимни и разноврсни минерални ресурси (угаљ, руде жељеза, олова и цинка, алуминијума, боксита, различити неметали, изворишта минералних вода и др.), који се дијелом експлоатишу и дају свој допринос економском и друштвеном развоју (Грубић и сар. 2010).

Енергетске минералне сировине представљене су металогенетским и минерагенетским сировинама (боксити, угљеви, подземне воде). На подручју РС издвојена су два бокситоносна подручја: бокситоносно подручје

Бања Лука – Јајце – Мркоњић Град – Српница и бокситоносна област источног дијела РС (Милићи, Сребреница, Невесиње).

Угљоносни басени РС као кључне енергетске базе дијеле се на лежишта мрког угља и лежишта лигнита, чије су резерве дистрибуисане у неколико кључних басена: Гацко, Угљевик, Станари, Миљевина, Котор Варош, Љешљани и Рамићи (Влада РС – Минералне сировине РС 2011) (Сл. 10.1). У Републици Српској активно је пет значајнијих рудника угља: ЗП РиТЕ Угљевик, ЗП РиТЕ Гацко, ЕФТ – РиТЕ Станари, Рудник Луке – Угљевик, Нови рудник Миљевина. На основу резерви угља, у гатачком, угљевичком и станарском басену изграђене су термоелектране (Влада РС – Стратегија развоја енергетике Републике Српске 2018).

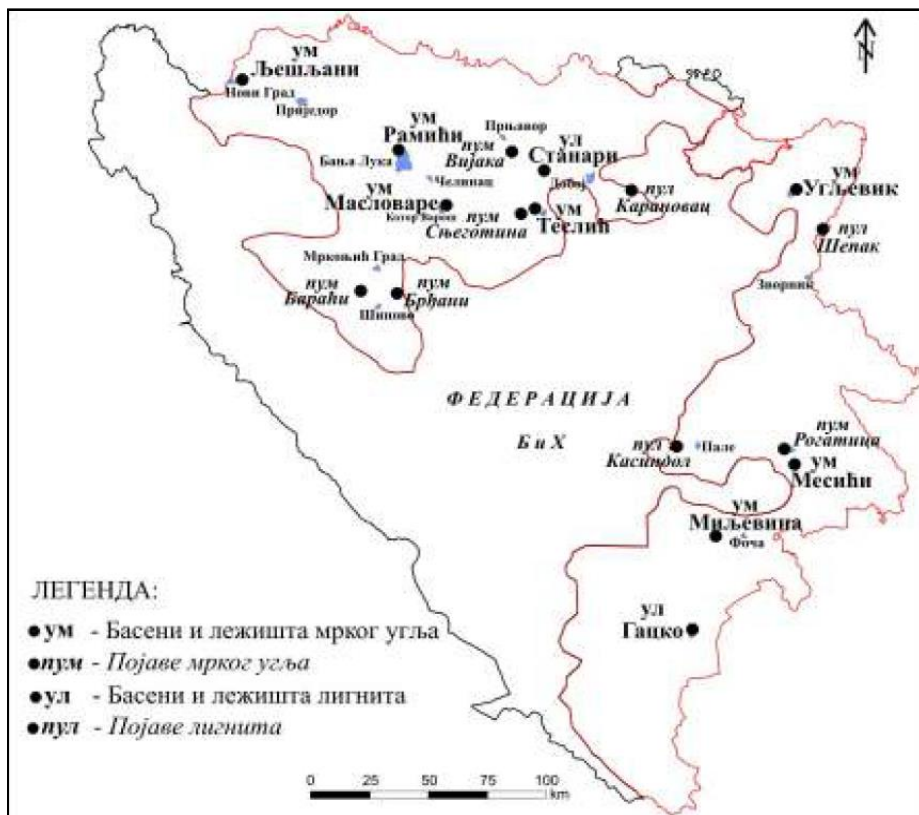
Експлоатација мрког угља одвија се у угљоносном дијелу сјевероисточне Мајевице (површински коп Богутово Село, коп Угљевик Исток 1, и Мезграја-Тобут и на основу њихових резерви изграђена је и термоелектрана) те у басену Миљевина. Скорија потенцијална експлоатација мрког угља могућа је у которварошком угљеном басену (рудно поље Хрвађани и Масловаре) и љешљанском басену код Новог Града. Експлоатација лигнита одвија се у два басена: станарски угљени басен (активан површински коп Рашковац, а у фази отварања је и коп Остружња) и гатачки неогени басен (активан површински коп Гацко).

Експлоатацију у станарском басену по принципу додијељене концесије врши приватна компанија „ЕФТ – Рудник и термоелектрана Станари“. На бази истражених резерви угља изграђена је термоелектрана Станари инсталисане снаге 300 MW. Експлоатација угља и производња електричне енергије у ЗП Рудник и термоелектрана Гацко и у ЗП Рудник и термоелектрана Угљевик (инсталисане снаге 300 MW) одвија се у оквиру Јавног предузећа Електропривреда Републике Српске.

Према подацима из 2015. године, структура резерви за кључне активне руднике у Републици Српској указује на 543 милиона тона билансних резерви, 98 милиона тона ванбилансних резерви, 50 милиона тона потенцијалних резерви и око 750 милиона тона геолошких резерви. У укупној структури билансних резерви активних рудника РС лигнит и мрки угаљ имају једнако учешће, сваки по 50% (Влада РС, Стратегија развоја енергетике Републике Српске 2018). У документу Стратегија развоја енергетике Републике Српске (2018. године) дефинисано је пет кључних стратешких циљева до 2035. године:

1. ефикасно коришћење (експлоатација) ресурса,
2. сигурна и приступачна енергија,

3. ефикасно коришћење енергије,
4. енергетска транзиција и одговорност према животној средини и
5. развој и усклађивање регулаторно-институционалног оквира.



Сл. 10.1. Позиције угљених басена на територији Републике Српске (Влада РС – Минералне сировине 2011)

Fig. 10.1. Position of coal basins on the territory of the Republic of Srpska (Влада РС – Минералне сировине 2011)

Према подацима Министарства енергетике и рударства у Влади Републике Српске, површина земљишта обухваћена лежиштима минералних сировина на којима је одобрена експлоатација износи 8.375 ха (Влада РС, Катастар одобрених експлоатационих поља РС). Од тога површина заузета рударским радовима на експлоатацији жељезне руде у љубијској металогенетској области износи 2.183 ха.

Према анализи експлоатације енергетских минералних сировина, боксити се експлоатишу на око 23 ха, не рачунајући површину земљишта заузету

површинском експлоатацијом боксита у Милићима. Величина земљишта под отвореним коповима угља и површина земљишта заузета одлагалиштима одложеног и депонованог јаловинског материјала износи 2.075 ha. Простор под одобреним експлоатационим пољима за подземну експлоатацију минералних, термоминералних и других вода, системом бушотина и подземних гасова износи 470 ha. Иако код наведене подземне експлоатације не постоји у великом обиму директна деградација земљишта, на већем дијелу ових површина не може се организовати интензивнија пољопривредна производња. Површина обухваћена експлоатацијом неметаличних минералних сировина (са доминацијом техничког и архитектонског грађевинског камена, кречњачких материјала, доломита, шкриљаца, лежишта глина и др.) на простору Републике Српске износи 1.613 ha.

На приказане вриједности треба посебно додати реално постојање нелегалне експлоатације минералних сировина, те експлоатације шљункова уз ријечна корита, као и процјену око 1.000 ha земљишта у зони лежишта која су у фази геолошких истраживања и пројектовања рударских радова.

Геолошку грађу кровинског покривача на лежиштима лигнита чине дјелимично мекши и растресити литолошки чланови, претежно пијесци терцијерне старости, глиновити плиоценски седименти горњег понта, лапори, а спорадично и лапорци, кречњаци, шљунак, пјешчар, конгломерат, итд. (Katzer 1926). У кровини мрког угља преовлађују тврђи и компактнији литостратиграфски чланови: лапорци, лапор, кречњаци, пјешчари, шљунак, глине и др.

Геолошке карактеристике станарског угљеног басена на површинском копу Рашковац: комплетну кровину геолошких серија угљеног слоја чине углавном три зоне, које налијежу једна преко друге, а које су представљене слабо везаним и невезаним седиментима (Сл. 10.2). Дебљина кровине варира од 10 до 60 m, просјечно око 30 m и састоји се од три зоне (Стојаковић и сар. 2013; Малић 2015):

- прва – пјесковита зона, изграђена од жутог и црвеног прашинастог и ситнозрног кварцног пијеска, максималне дубине 40 m;
- друга зона – пјесковито шљунковита, такође изграђена од кварцног пијеска и гвожђевитих пјешчара са појавом шљунка, дубине до 30 m;
и
- трећа зона – конгломератско-пјесковита, хипсометријски највиша зона, изграђена од слабо везаних конгломерата, пијеска и глине који се неправилно смјењују (Сл. 10.2).



Сл. 10.2. Упрощени геолошки стуб лежишта угља лигнита Рашковац, Станари (Стојаковић и сар. 2013)

Fig. 10.2. A simplified geological pillar of the Raškovac Stanari lignite coal deposit (Стојаковић и сар. 2013)

Пијесак у кровини је кварцног минералшког састава и ниске плодности када улази у састав матичног супстрата (Окиљевић и Марковић 2005; Малић 2010а, Малић 2015). Кварцни пијесак је састављен од партикула кварца, черта, калцедона и опаке материје. Сирови пијесак има повећан садржај Fe_2O_3 , TiO_2 и Al_2O_3 . Бентонитна глина, осим монтоморилонита као основног састојка, садржи друге пратеће минерале: каолинит, илит, те кварц, лискуне, калцит, кристобалит и др.

10.4. Развој енергетике и рударства као атак на земљишни покривач

Експлоатација свих неметаличних минералних сировина крајем другог миленијума износила је 645 милијарди тона, а око 95% те експлоатације одвијало се површинском технологијом. Заједно са корисном минералном сировином експлоатисано је, тј. откопано око 300 милијарди кубних метара јаловинског материјала - откритке, која се прожима кроз велику дубину и хетерогеност геолошких формација (Кнежичек и сар. 2006).

Површинска експлоатација минералних сировина на простору Републике Српске представља доминантни начин рударења. Деструкција земљишта или деградација земљишта у ширем смислу посматра се као стална последица пренамјене и губитка природног земљишног покривача. Већ је наведено да један од основних узрока деструкције земљишта проистиче управо из експлоатације минералних ресурса (углавном површинског типа), а што се посматра заједно са настанком одлагалишта јаловинског материјала (рударска одлагалишта откритке). Осим овога, у значајној мјери мора се приступити анализи и санацији и других депонија и одлагалишта различитог отпадног материјала (остасти сагоревања из термоелектрана, депоније комуналног отпада, флотације и др.).

Приликом свеукупног провођења рударских и других активности у оквиру површинских копова и рада термоелектрана, осим деструкције земљишта, јавља се и контаминација земљишта (Малић и сар. 2022). Површинском експлоатацијом узрокују се значајни поремећаји у животној средини, и то од два до десет пута већи него у подземној експлоатацији (Li 2006). Процеси површинске експлоатације узрокују неизбежне измјене животне средине. У општем смислу измјене се јављају у горњем дијелу литосфере, у педосфери, цијелој хидросфери и доњем дијелу атмосфере, односно у непосредном контакту са активностима површинске експлоатације (Павловић 2000).

Остале промјене земљишног ресурса у току површинске експлоатације (Малић 2015):

- формирају се нове површине са много мањим еколошким и биолошким производним способностима од претходних,
- привремени, а неријетко и трајни, губитак педолошког покривача и укупног простора,
- долази до промјена постојећих обиљежја копнених, ваздушних и водених екосистема,
- јака измјена рељефа,

- далекосежна промјена намјене дотадашњег простора и сл.

Цјелокупан процес рударења сврстава се међу факторе привремене деградације углавном пољопривредног и шумског земљишта. У оваквим случајевима, након завршене експлоатације и проведених мјера рекултивације земљиште се може вратити одређеној искористивој намјени.

Величина земљишта захваћеног деструкцијом на нивоу БиХ крајем XX вијека износила је око 3.000 ha, а у свијету око 7.000.000 ha (Ресуловић 1999). Површинска експлоатација угљева у Републици Србији одвија се у два рударска басена (Колубара и Костолац), при чему се укупна површина земљишта захваћеног рударским радовима процењује на око 9.000 ha (Вујић 2006).

10.5. Основни принципи заштите, санације и рекултивације земљишног ресурса захваћеног рударском експлоатацијом

Површинска експлоатација минералних сировина, нарочито експлоатација на великим лежиштима, 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 и, на крају и најважније, мјере рекултивације, често и укупне ревитализације захваћене површине на једном лежишту. 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 природне заједнице. Избор постексплоатационог а након тога и пострекултивационог коришћења земљишта треба да се базира и на социјалним, привредним и културолошким факторима заједнице у окружењу.

Најопштије значење термина рекултивација подразумијева у одређеној мјери поновно оспособљавање земљишта за његову примарну функцију. Појам рекултивација на латинском језику означава поновну култивацију земљишта (*rekultivatio* = поновно оспособљен). У рударству рекултивација представља завршни дио рударских активности на једном лежишту. Према Закону о рударству Републике Српске, предузеће које је стекло експлоатационо право дужно је да у току и након експлоатације минералних ресурса приведе земљиште одређеној намјени. Трајну пренамјену деградираних површина третира и Закон о пољопривредном земљишту Републике Српске, гдје се између осталог у пројектима

рекултивације налаже потреба за правилним одвајањем и депоновањем, те накнадим поновним коришћењем хумусног слоја земљишта.

Пројектовање и реализација рекултивације на површинским коповима и рудницима уопште, као извршни креативан инжињерски задатак, треба да обухватају и сумирају све новостворене техногене површине, отклоне или у највећој могућој мјери ублаже посљедице настале извођењем рударских радова (Малић 2015). Сходно томе, рекултивација се, у најкраћој дефиницији, може објаснити као успостављање система управљања над новоствореним техногеним земљиштем. Шире, комплетније дефинисање рекултивације земљишта и простора посматра се кроз три цјелине:

- 1) 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;
- 2) извођење рекултивације техногеног земљишта кроз примјену различитих врста потребних појединих фаза (техничка, агротехничка и биолошка фаза рекултивације) и редовна анализа земљишта и биљака у процесу рекултивације;
- 3) скуп мјера и активности за руковођење, праћење и искоришћавање простора у пострекултивационом периоду.

Ток активности управљања земљиштем под окриљем потенцијалног рударског процеса требало би да има сљедећи редослијед (Малић и сар. 2022):

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

На површини коју је захватала бивша Социјалистичка Федеративна Република Југославија (СФРЈ) рекултивација се први пут спомиње у борском басену (Михајловић и Крстић 1957). На простору рудних лежишта који данас припадају Републици Српској први литературни извори о проведеној рекултивацију везани су за пошумљавање у угљевичком угљеном басену (Бојаџић 1964). Тежња је ишла да се шумарска рекултивација примјењује само тамо гдје супстрат и технорељеф не омогућавају интензивније правце рекултивације.

Кнежичек и сар. (2006) наводе да је процесом рекултивације на површинама у оквиру највећих рудника угља у БиХ (11 угљених басена), укључујући све врсте рекултивације, захваћено 15–20% деградираних

површина, на основу чега закључују да на овим локацијама доминира депосол, као тип техногеног земљишта најниже плодности. Након истраживања 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) утврдили су да је процесом рекултивације обухваћено око 10% техногеног земљишта на наведеним локацијама, што је представљено рекултисолима. Као доминантни облици и правци рекултивације наводе се пошумљавање и формирања травњака, а незнатно је присутно ратарство и воћарство (више у фази истраживања). Величина и правац процеса рекултивације су динамични, у зависности од појединих локација минералних сировина и обима рударења. На примјеру динамике рекултивације у десетогодишњем периоду експлоатације на површинском копу Рашковац (угљени басен Станари) уочава се даје рекултивацијом захваћено 56 ha са сљедећим односом различитих проведених облика и правца (Малић и сар. 2016):

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

Завршетак рекултивације 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 на техногени матични супстрат (Ресуловић 1984; Малић 2015; Малић и Матко 2018; Малић и сар. 2022).

10.6. Опште карактеристике техногених земљишта

Техногена земљишта или земљишта површинских копова (*mine soil, mine land sites, mine degraded land, technosols*) искључиво су настала антропогеним утицајем, али се у много особина разликују од класе антропогених земљишта у раздјелу аутоморфних земљишта (класификација земљишта бивше СФРЈ, Шкорић и сар. 1985). Према посљедњим класификацијама земљишта у Босни и Херцеговини (Ресуловић и сар. 2008) и Републици Српској (Каповић Соломун и Марковић 2022), новостворена

земљишта површинских копова налазе се у VI класи раздјела аутоморфних земљишта, класа техносола, са шест поткласа.

У прву поткласу, на измијењеном природном супстрату, припадају два типа техногених земљишта: депосол и рекултисол. Депосол је одложени или депоновани јаловински материјал прије започетог процеса рекултивације. Према наведеној класификацији, означавање слојева депосола је по слојевима: Y1–Y2–Y3... земљиште (или Ydp–Y1...). Рекултисол детерминише техногено земљиште у различитом степену и интензитету рекултивације а према истој класификацији означава се са: jY–Y1–Y2.

Осим депосола и рекултисола, као два основна типа техногених земљишта из прве поткласе, током истраживања рекултивације са сидерацијом у угљеном басену Станари предложена је прелазна форма ка рекултисолу, у типу/стадијуму мелиорисаног депосола (Малић 2010а). Током трогодишњег истраживања рекултивације са сијаним травњацима на истој локацији констатовано је образовање рекултивисаног земљишта, тип рекултисола (Малић 2015). Формирани рекултисол на основу педолошке анализе указује на побољшање истраживаних основних хемијских особина. Тако формирани рекултисол има два јасно уочљива слоја: површински органогени слој и слој техногеног матичног супстрата до 40 cm, те је означен са: dp(A)–dpIC. Површински минерално-органогени слој dp(A) представља иницијалну фазу будућег хумусног акумулативног хоризонта.

Антропогене површине формиране на рудницима у Казахстану називају се „*mine protosoils*“ (Toktar et al. 2016). Према WRB класификацији (World Reference Base for Soil Resources 1998), ова земљишта детерминишу се као „*anthropogeomorfic soil material*“ или „*spolic anthrosol*“, а по новијој и измијењеној класификацији (WRB 2006, WRB 2014), детерминишу се као „*technosols*“ (*mine spoils or mine soil = disposal sites of the coal mining materials*). Неке основне карактеристике техногених земљишта јесу сљедеће (Ресуловић 1984; Ресуловић 1986):

- геолошки хоризонти су углавном јако измијешани,
- техногена земљишта су у иницијалној фази развоја,
- појава хетерогености текстурног састава у истом слоју,
- морфохроматска разноликост (мозаичност) једног слоја,
- дефицитарна биолошка активност,
- осиромашеност у садржају азота, лакоприступачног фосфора и калијума и осталих биогених елемената у минералном облику доступних биљкама,
- присуство у одређеним количинама експлоатисане минералне сировине (остац и прослојци угља, боксита, жељезне руде и др.),

- низак садржај хумуса, односно органских материја,
- водно–ваздушне особине још нису дошле у стање динамичке равнотеже са педогенетским факторима.

Узимајући у обзир геологију и минералологију Републике Српске и посматрајући са аспекта величине и интензитета деградације природног земљишног покривача, највише пажње усмјерене ка рекултацији одвија се на површинским коповима већих размјера, као што су лежишта угља, жељезне руде и боксита. На овим лежиштима, укупна површина коју ће бити потребно рекултивисати до краја вијека експлоатације износиће више од 5.000 ха (Влада РС, Катастар одобрених експлоатационих поља). Депосоли у оквиру великих површинских копова у Републици Српској и цијелој Босни и Херцеговини формирају се од геолошко-литолошких седимената из кровине три доминантне врсте минералних сировина: угља, боксита и жељезне руде (Суфи-Мићић 1999). Сходно овоме, а за потребе бољег познавања техногеног земљишта и успјешније рекултације, према мишљењу истог аутора, сви кровински материјали на лежиштима угља у Босни и Херцеговини оквирно се могу подијелити у двије групе:

- 1) група лапоровитих материјала и
- 2) група пјесковитих материјала.

10.6.1. Физичке и хемијске карактеристике депосола

Физичке особине техногених земљишта карактерише изражена хетерогеност (Вујић 2006; Ресуловић и сар. 2008; Малић 2010а; Пивић и сар. 2011). При томе, у обзир треба увијек узети гранулометријски састав, водопропустљивост и збијеност. Са аспекта погодности провођења техничке рекултације и припреме за биљну производњу, од текстурних класа најповољније су иловача и пјесковита иловача (Павловић 2000; Вујић 2006). Осим значаја за плодност, ове особине су важан фактор могућности појаве водне ерозије (Ђоровић и сар. 2003; Малић и сар. 2021). Структура, као важна физичка особина земљишта, између осталог поправља се кроз рекултацију.

Као примјери техногеног земљишта у типу депосола описаће се по један профил из гатачког угљеног басена и два профила из станарског угљеног басена. Са геолошког аспекта откривка у гатачком угљеном басену, која је у педолошком смислу формирана депосол на површини одлагалишта, углавном је представљена лапоровитим седиментима (Сл. 10.3). Кварцни пијесак идентификује се као доминантна геолошка подлога у откривци и

формирању одлагалишта, а самим тим и депосола у станарском угљеном басену (Сл. 10.4). У табелама које слиједе дати су резултати механичког састава, у укупно осам узорака депосола из угљених басена Гацко и Станари. Узорковање депосола извршено је са дубине 0–25 cm и 0–30 cm, а ријеч је о узорцима у поремећеном и непоремећеном стању.



Сл. 10.3. Депосол на одлагалишту откривке угљеног басена Гацко (Фото: Малић Н)

Fig. 10.3. Deposol at the disposal area for overburden in the Gacko coal basin (Photo: Malić N)

Примјетне су варијације у садржају честица глине у узорцима депосола, и то нешто израженије на локалитету Станари. Земљишне честице мање од 2 mm у највећој мјери утичу на интензитет и ретенцију воде и хранљивих материја у депосолима. Крупније честице механичког састава у типичном депосолу могу да варирају од 30% до 70% (Sheoran et al. 2010). Депосоли пјесковите текстуре немају могућност капацитета за воду и хранива као иловасте или пак материјали прашкасте текстуре.

На основу проведених истраживања механичких и физичких особина техногених земљишта угљеног басена Станари, у Таб. 10.3. дате су вриједности испитиваних ваздушних и водних својстава у пет узорака депосола са вањског и унутрашњег одлагалишта копа Рашковац, чији је текстурни састав приказан у Таб. 10.2.



Сл. 10.4. Депосол на одлагалишту отквивке (Фото: Малић Н)
 Fig. 10.4. Deposol at the disposal area for overburden (Photo: Malić N)

Таб. 10.2. Механички састав депосола
 Table 10.2. Mechanical composition of Deposol

Локалитет и узорак	Дубина (cm)	Механички састав (%)			Текстурна класа према Ehwaldu et al.
		Честице пијеска, 2,0–0,06 mm	Честице праха, 0,06–0,002 mm	Честице глине, < 0,002 mm	
Депосол Гацко 1	0–30	24,90	55,69	19,84	Пјесковита иловача
Депосол Гацко 2	0–30	24,97	55,69	19,34	Прашката иловача
Депосол Гацко 3	0–30	28,01	48,53	23,46	Иловасти пијесак
Депосол Станари 1	0–25	82,42	11,35	6,23	Иловасти пијесак
Депосол Станари 2	0–25	70,36	17,14	12,50	Пјесковита иловача
Депосол Станари 3	0–25	57	28,7	14,3	Пјесковита иловача
Депосол Станари 4	0–25	32,7	48,8	18,5	Иловача
Депосол Станари 5	0–25	73,2	20,1	6,7	Пјесковита иловача

Анализирани узорци депосола имају уобичајене вриједности специфичне масе и високе вриједности запреминске масе (1,41–1,7 g cm⁻³). Висока вриједност специфичне масе резултат је присуства минерала кварца (Живковић 1991; Окиљевић и Марковић 2005; Малић 2015). Вриједности запреминске масе прва четири узорка указују на дјелимичну збијеност депосола, док вриједност 5. узорка показује да је ријеч о депосолу изражене пјесковите текстуре, а према класификацији земљишта на основу вриједности запреминске масе (Качинскиј 1965).

Таб. 10.3. Основне физичке особине депосола угљеног басена Станари (Малић 2015; Малић и сар. 2021)

Table 10.3. Basic physical properties of Deposol at the Stanari coal basin (Малић 2015; Малић и сар. 2021)

Локалитет и узорак	Дубина (cm)	Ваздушна својства				Водна својства			
		Специфична маса	Запреминска маса	Укупна порозност	Капацитет за ваздух	Максимални водни капацитет	Ретенциони водни капацитет	Пропустљивост за воду	
		kg cm ⁻³		%		г/г	г/г	г/г	
Депосол Станари 1	0–25	2,67	1,53	42,7	0,96	35,86	31,62	1,43	
Депосол Станари 2	0–25	2,65	1,68	37,08	3,82	44,42	42,23	1,15	
Депосол Станари 3	0–25	2,7	1,7	37,04	11,05	36,79	31,3	1,5	
Депосол Станари 4	0–25	2,6	1,6	38,46	3,09	39,91	38,33	0,81	
Депосол Станари 5	0–25	2,65	1,41	47	7,75	48,94	48,25	5,58	

На основу класификације земљишта према порозности (Грачанин 1950), вриједности у прва четири узорка депосола су у категорији мало порозног земљишта, а пети узорак представља порозно земљиште. Измјерене вриједности капацитета за ваздух углавном су у категорији ниског капацитета (узорци 1, 2, 4. и 5), а једино вриједност од 11,05% сврстава депосол 3. узорка у категорију земљишта средњег капацитета за ваздух (класификација према Грачанину 1950; Драговић 2000). Мали ретенциони

капацитет измјерен је у 1. и 3. узорку, средњи у 2. и 4. узорку, а велики ретенциони капацитет констатује се у 5. узорку, према коришћеној класификацији (Грачанин 1950).

Оцјена филтрације или пропустљивости земљишта за воду одређена је преко коефицијента филтрације и класификације пропустљивости за воду (Racz 1981), те се вриједност код 1, 2. и 4. узорка депосола оцјењује као умјерена пропустљивост. Вриједност у 3. узорку оцјењује се као умјерено брза, а у 5. узорку као брза пропустљивост.

Током проведених двогодишњих истраживања рекултивације у гатачком угљеном басену извршена је анализа водопропустљивости три узорка депосола (у подтипу лапорца) и три узорка земљишта у процесу индиректне рекултивације, при чему је нанесен слој природног земљишта на одложени лапорац. На основу коефицијента пропустљивости, хидрауличка водљивост узорака лапорца оцијењена је као умјерена, док је пропустљивост узорака са природним земљиштем (по текстури глина) оцијењена као спора (Пољопривредни институт 2013).

На структуру техногених земљишта кључни значај може имати тип рекултивације, односно да ли се проводи директна или индиректна рекултивација (Ресуловић 1984). Проучавајући избор типа и правца рекултивације, констатоване су велике разлике у пострекултивационом периоду током истраживања проведених на неколико рударских басена у Охају, САД (Alkala and Lal 1999). Тако су на рекултивисаним површинама под травњацима и пашњацима у типу директне рекултивације констатовани крупнији фрагменти у земљишту и 20 година након проведене рекултивације, док је код индиректне рекултивације уочена појава грануларне и субгрануларне структуре након 10–15 година.

Депосоли пјесковите текстуре немају могућност капацитета за воду и хранива као иловасти или пак материјали прашкасте текстуре. Депосоли прашкасте текстуре имају тенденцију формирања површинске коре (покорице). Садржај воде у депонијама и одлагалиштима је промјенљиви параметар, који зависи од: времена узорковања, висине депоније, садржаја скелета, количине органског угљеника, текстуре и дебљине различитих слојева на површини одлагалишта (Donahue et al. 1990).

Плодност депосола, као и већине других типова техногених земљишта, најчешће је ниска. У Таб. 10.4. приказане су основне хемијске особине депосола у седам узорака на двије локације.

Снабдјевеност депосола основним биогеним елементима (N, P и K) у границама је или је испод минималних концентрација. Осим дефицита

хранљивих материја, техногена земљишта су уопште сиромашна педобиосом, органском материјом и имају слабо развијен адсорптивни комплекс. Постоји велики број литературних података са подручја Републике Српске, БиХ и Србије којима је обрађивана ова проблематика (Стојановић и сар. 1977; Антоновић и сар. 1978; Веселиновић 1995; Марковић 1996; Rasulić et al. 2005; Суфи-Мићић 2008; Ђикић 2010; Малић и сар. 2010; Мујачић 2013; Пивић и сар. 2011; Малић 2015; Максимовић и Милошевић 2016).

Таб. 10.4. Основне хемијске особине депосола на двије локације
 Table 10.4. Basic chemical properties of Deposol at two locations

Локалитет и узорак	рН		Органска материја	Хумус (%)	Укупни N	AL-	
	H ₂ O	KCl				P ₂ O ₅	K ₂ O
						mg 100 g ⁻¹	
Депосол Станари 1	6,2	4,9	2,1	0,0	0,0	0,0	1,3
Депосол Станари 2	5,8	4,5	1,2	0,0	0,0	0,5	2,2
Депосол Станари 3	5,2	4,0	1,6	0,0	0,0	0,6	2,7
Депосол Станари 4	4,3	3,9	1,32	0,0	0,0	4,6	7,8
Депосол Гацко 1	8,33	8,30	-	0,0	-	2,17	1,30
Депосол Гацко 2	8,39	8,20	-	0,0	0,01	2,37	1,40
Депосол Гацко 3	8,30	8,25	-	0,0	0,01	2,23	7,56

Међу најважније хемијске особине техногеног земљишта за рекултивацију могу се сврстати: реакција земљишта (земљишног раствора) и садржај органске материје и елемената биљне исхране. У депосолима киселе реакције неопходно је повећање рН и органске материје за постизање одрживе рекултивације (Maiti and Ghose 2005). Хемијска реакција депосола је промјенљива величина у корелацији фрагмената материјала, временског интервала и оксидације. Смањење рН вриједности у депосолу испод 5,5 директно утиче на редукцију пораста легуминоза, који се јавља као

посљедица токсичности метала (Al или Mn), даље слиједи фиксација P и смањење популације бактерија азотофиксатора (Sheoran et al. 2010). При вриједности pH мањој од 5, заједно са повишеном концентрацијом Fe, биорасположивост токсичних метала као што су Ni, Pb и Cd такође се повећава (Maiti 2003). Депосоли са pH од 6 до 7,5 идеални су за производњу кабасте сточне хране и друга пољопривредна или усмјерена хортикултурна искоришћавања (Gitt and Dollhopf 1991; Gould et al. 1996).

Анализирајући хемијску реакцију депосола на три највећа површинска копа угља у Републици Српској, констатује се велика разлика у pH вриједности лапоровитих депосола (рудници Гацко и Угљевик) у односу на пјесковити депосол кварцног минералашког састава (рудник Станари). Максимовић и Милошевић (2016) наводе да су лапоровити депосоли најчешће базне реакције са pH у интервалу 7,5–8,5. Према урађеној анализи основних хемијских особина просјечног узорка земљишта за рекултивацију одлагалишта откривке у руднику Гацко, констатује се да је реакција земљишта алкална, а садржај хумуса, азота, фосфора и калијума низак (Пољопривредни институт 2013). За разлику од ове врсте геолошког материјала, а на основу резултата истраживања активне и потенцијалне реакције депосола на одлагалиштима откривке у лигнитском басену Станари, испитивани просјечни узорци сврставају се у категорију врло киселе и умјерено киселе реакције (Малић 2010, Малић и Марковић 2012, Малић 2015, Malić et al. 2019).

На основу садржаја органске материје, узорци депосола припадају углавном класи слабе хумозности, док чистог хумуса нема. Према садржају лако приступачног фосфора и калијума у узорцима депосола, сврставају се у класу врло сиромашне обезбијеђености овим елементима (AL-метода). У првом узорку није утврђено присуство P₂O₅. Изузетно низак садржај или чак непостојања хумуса у депосолу имплицира и слабије развијен адсорптивни комплекс.

Техногена земљишта су уопште слабо развијеног адсорптивног комплекса (Rasulić et al. 2005; Малић 2015). Истраживања депосола угљеног басена Колубара у Србији показала су да капацитет адсорпције, с обзиром на низак садржај хумуса, зависи углавном од механичког састава земљишта и креће се од 14,49 до 21,67 код пјесковитих иловача, те од 20,03 до 44,44 код глинуша (Дражић и сар. 1990). У оквиру истраживања депосола површинског копа Кленовик у руднику Костолац такође се поставља питање развијености адсорптивног комплекса усљед ниског садржаја хумуса (Вујић 2006). У истраживању депосола у руднику Мајданпек указују да је АКЗ засићен киселим базним катјонима (H, Al и Fe) који смањују алкалност

земљишног раствора, чиме се објашњава јако изражена хидролитичка киселост (Голубовић-Ђургуз и сар. 2010). Проблем повећане киселости у депосолима може се ефикасно неутралисати у поступку рекултивације провођењем калцификације, као и на природним земљиштима, за шта постоје различити кречњачки и други материјали (Skousen and McDonald 2005; Sheoran et al. 2010). Истраживања са примјеном калцификације вршена су у току рекултивације депосола у станарском угљеном басену (Малић и Марковић 2012; Малић 2015; Malić et al. 2019) (Сл. 10.5).



Сл. 10.5. Калцификација депосола (Фото: Малић Н)

Fig. 10.5. Deposol liming (Photo: Malić N)

На основу остварених резултата и измјерене вриједности рН у узорцима третмана са примијењеном калцификацијом (у дози од 8 t/ha CaCO₃), мјерених у H₂O, уочено је да припадају категорији неутралне и слабо алкалне реакције, а мјерених у KCl слабо киселе реакције, што значи да калцификација даје позитивне резултате у агроеколошким условима рудника Станари.

10.6.2. Физичке и хемијске карактеристике рекултисола

Рекултисол као развијенији тип техногеног земљишта у рударским басенима управо би требало да детерминише рекултивисано, развијено техногено земљиште гдје су у основи успостављени педогенетски процеси као

результат примијењених мјера рекултивације. Скоро сви типови и подтипови техногених земљишта захтијевају значајну апликацију ђубрива као елемента за успостављање и одржавање биљних заједница (Copiin and Bradshaw 1982; Sheoran et al. 2008; Малић 2010б, Малић и Лакић 2011). Исти аутори наводе да ниво органског угљеника преко 0,75% указује на добру плодност а само варирање садржаја органског С у депосолима и рекултисолима креће се између 0,35% и 0,85%, што је углавном у зависности од квалитета проведене рекултивације (Maiti and Ghose 2005).

У том смјеру рекултивација техногеног земљишта треба да стреми ка сљедећим циљевима: потенцијално подизање плодности, повећање органског угљеника (SOC) и укупног N, промјена рН вриједности (смањење киселости), повећање других есенцијалних елемената и сл. (Chatterjee et al. 2009; Малић 2015). Органски С је у позитивној корелацији са расположивим N и K, а у негативној корелацији са Fe, Mn, Cu и Zn. Наведени метали су растворљиви у киселом раствору и могу се растварати до форме токсичне концентрације, тако да ометају раст биљака (Das and Maiti 2006). Акумулација органског С резултира промјенама физичких и хемијских особина у техногеним земљиштима, као што су ретенција воде и адсорптивни капацитет, садржај и приступачност хранива, запреминска маса земљишта, пуферни капацитет и др. (Herrick and Wander 1998). Стопа везивања органског С износи од 0,1 до 3,1 t/ha годишње у травним екосистемима рекултивисаних рудничких земљишта и од 0,7 до 4,0 t/ha годишње у шумским екосистемима (Shrestha and Lal 2006).

Плодност земљишта умногоме зависи од садржаја органске материје, а која има велики утицај на земљишне процесе (Малић 2010а). Већина N потребна за исхрану биљака и микрофлору земљишта долази из фиксираног N и накнадне минерализације органског N.

Главни педогенетски процеси техногеног земљишта јесу: замрзавање и одмрзавање, процеси отицања и смањивања, распадање и ресинтеза органске материје, агрегација земљишних честица и др. (Sencidiver and Atmons 2000). Исти аутори наводе да се иницијални хумусни хоризонт (A) у процесу рекултивације уочава већ у петој години. Педогенеза након формирања рекултисола наставља се и даље одвијати и највише зависи од матичног супстрата, односно од тока процеса у њему, који могу бити резултат природног или антропогеног утицаја. Осим наведеног, један од најважнијих активних фактора је антропогена активност, јер човјек својом активношћу (мјерама рекултивације) или неактивношћу може знатно усмјерити и убрзати процесе педогенезе. Код посматрања наведених процеса важно је у старту дефинисати да ли се посматра процес у оквиру

директног или индиректног типа примијењене рекултивације (Малић и Матко 2018).

Често примарно формиране биљне заједнице утичу на ревитализацију техногеног земљишта и многе педолошке особине, али нису статичне, већ се развијају кроз вријеме (Sheoran et al. 2010; Clark and Ziper 2016; Pellegrini et al. 2016). Површински слој техногених земљишта може се развијати под утицајем иницијалних педогенетских процеса или као резултат примијењених мјера рекултивације (Sobocka et al. 2017).

Приликом праћења хемијских особина депосола у процесу рекултивације и рекултисола у руднику Станари, након три године од почетка биолошке рекултивације, провођењем сидерације и гајењем ратарских усјева, констатовано је побољшање одређених карактеристика и подизање опште плодности, при чему се садржај органске материје повећао за два пута (од 2,02% до 4,26%), што и јесте једна од главних карактеристика мелиорисаног депосола (Малић и Марковић 2012; Malić et al. 2017). Констатовано је и повећање концентрације лако приступачног P_2O_5 и K_2O . У трогодишњој рекултивацији гајењем травно-легуминозних смјеса констатовано је такође повећање садржаја органске материје за 2,2 пута у површинском слоју рекултисола (Малић 2015; Malić and Marković 2021).

У оквиру истраживања динамике акумулације органске материје у геогеним депосолима глиновитих одлагалишта Белаћевац и Добри Дуб (угљени басен централног Косова) добијени резултати указују да су сиве глине рекултибилније од жутих и у њима је акумулација органске материје до 50% бржа него код жутих глина (Ђикић 2010). Мујачић (2013) наводи повећање садржаја хумуса у воћарској рекултивацији лапоровитог депосола у руднику Ђурђевић (БиХ) након једанаестогодишњег периода педогенезе за 2,28%, а након 32 године за 7,26%. У наставку су приказана два од укупно 40 отворених профила рекултисола описаних у четворогодишњем и вишегодишњем процесу рекултивације, настала током истраживања пољопривредне рекултивације на одлагалиштима откривке угљеног басена Станари (Малић 2015; Малић и Матко 2018). Дубина проучаваних профила креће се 30–40 cm и углавном је изједначена са утицајем техногеног матичног супстрата.

Слиједи опис профила рекултисола (Пр-1) и хемијских особина просјечног узорка рекултисола (Таб. 10.5) након четворогодишње биолошке фазе рекултивације директног типа на платоу унутрашњег одлагалишта откривке са површинског копа Рашковац, Станари (ЕФТ Рудник и термоелектрана Станари).

Тип земљишта: геогени рекултисол

Локација: унутрашње
одлагалиште откритке Е-220

Веgetација: сијани травњак

Опис профила:

dp(A): 1–4 cm, црносиве
боје. Структура
мрвичаста. Средња
хумозност.

dp(C): 40 cm,
жутонаранцасте до
окер и смеђе боје.
Има ситнијих
одломака скелета
(фракција 20–2 mm) и
комада угља.
Дубина продирања
коријења: 20 cm



Сл. 10.6. Профил рекултисола (Пр-1)/Fig.10.6. *Rekultisol profile (Photo Malić N)*

Таб. 10.5. Хемијске особине просјечног узорка рекултисола

Table 10.5. *Chemical properties of an average sample of Rekultisol*

pH		Органска материја	Хумус	Укупни N	C	AL – P ₂ O ₅	AL – K ₂ O
H ₂ O	KCl		%			mg 100 g ⁻¹ земљишта	
5,3	4,2	2,29	0,0	0,0	0,06	0,4	1,4
Адсорптивни комплекс земљишта						Класа земљишта по степену засићености базним катјонима	
S	H (T-S)		T	V (%)			
	cmol kg ⁻¹						
9,6	40,9		50,5	19,0		Јако незасићено	

Опис профила рекултисола (Пр-2) и хемијских особина просјечног узорка рекултисола (Таб. 10.6) након четворогодишње биолошке фазе рекултивације директног типа на платоу унутрашњег одлагалишта откритке са површинског копа Рашковац, Станари (ЕФТ РиТЕ Станари).

Тип земљишта: геогени рекултисол

Локација: унутрашње одлагалиште откривке Е-220

Веgetација: сијани травњак

Опис профила:

dp(A): 1–4 cm, црносиве боје. Структура мрвичаста.

Јака хумозност.

dp(C): 40 cm, жутонаранцасте до окер и смеђе боје.

Има ситнијих одломака скелета (фракција 20–2 mm).

Дубина продирања коријења: 25 cm.



Сл. 10.7. Профил рекултисола (Пр-2)/Fig. 10.7. Rekultisol profile (Photo Malić N)

Таб. 10.6. Хемијске особине просјечног узорка рекултисола

Table 10.6. Chemical properties of an average sample of Rekultisol

pH		Органска материја	Хумус	Укупни N	C	AL – P ₂ O ₅	AL – K ₂ O
H ₂ O	KCl		(%)			mg 100 g ⁻¹ земљишта	
7,5	6,5	4,12	0,2	0,01	0,48	1,3	6,1
Адсорптивни комплекс земљишта							
S	H (T-S)		T	V (%)	Класа земљишта по степену засићености базним катјонима		
	cmol kg ⁻¹						
19,6	27,9		47,5	41,2	Умјерено незасићено		

Профили Пр-1 и Пр-2 отворени су на експерименталној парцели у оквиру пољских истраживања биолошке фазе рекултивације на сјевероисточном дијелу унутрашњег одлагалишта откривке са копа Рашковац, Станари. Сијани травњаци су формирани сјетвом травно-легуминозних смјеса. Састав

смјесе на парцелама гдје су отворени профили Пр-1 и Пр-2 је следећи: високи вијук (*Festuca arundinacea* Schreb. 25%), црвени вијук (*Festuca rubra* L. 20%), јежевица (*Dactylis glomerata* L. 10%), мачији реп (*Phleum pratense* L. 10%), бијела дјетелина (*Trifolium repens* L. 10%), црвена дјетелина (*Trifolium pratense* L. 10%), луцерка (*Medicago sativa* L. 10%) и обична ливадарка (*Poa pratensis* L. 5%).

При засијавању смјесе на парцели гдје је отворен профил Пр-1 извршено је ђубрење са 600 kg ha⁻¹ NPK 15:15:15, а у вегетацији је вршено двократно прихрањивање у дози од 200 kg ha⁻¹ KAN (27% N). На парцели гдје је отворен профил Пр-2 прије сјетве извршени су калцификација са 8 t ha⁻¹ и ђубрење са 400 kg ha⁻¹ NPK 15:15:15, а прихрањивање је рађено двократно са 200 kg ha⁻¹ KAN-а.

Дубина проучаваних профила износи до 40 cm и углавном је изједначена са утицајем техногеног матичног супстрата, који је заједно са примијењеним агротехничким мјерама (калцификација и ђубрење минералним ђубривима) највише утицао на квантитативна и квалитативна својства гајених агрофитоценоза, те на хемијске особине формираног рекултисола. Тако се у отвореним профилима рекултисола јасно издваја грађа, како слиједи:

- др(A) – површински минерално-органогени слој у почетној фази диференцијације и
- др1С – први подслој техногеног матичног супстрата, до дубине 30–40 cm.

Дубина површинског минерално-органогеног слоја др(A) креће се од 4 до 15 cm, што је превасходно у зависности од примијењених третмана и присутних еколошких услова локације. У наставку су продискутовани резултати хемијских особина рекултисола из Таб. 10.5. и 10.6. Резултати из Таб. 10.5. указују да је површински слој рекултисола (0–20 cm) веома киселе реакције (у водној суспензији) и незасићен базним катјонима (класификација према Живковићу 1991). Вриједност реакције просјечног узорка рекултисола из Таб. 10.6. је слабо алкалне реакције и умјерено незасићен базним катјонима.

Према садржају органске материје (Mückenhausenova класификација 1975), узорак рекултисола из Таб. 10.5. припада класи средње хумусних земљишта, а узорак из Таб. 10.6. је у класи веома хумусних земљишта. Према садржају укупног азота, анализирани узорци су у класи слабе обезбијеђености овим елементом. Такође, према садржају лакоприступачног фосфора сви узорци

рекултисола припадају класи сиромашне обезбијеђености, што је евидентирано и када је ријеч о лако присупачном калијуму.

Површински минерално-органогени слој рекултисола значајно се разликује од дубљих слојева као посљедица сљедећих стања и процеса: растреситост усљед раста коријеновог система, акумулација органске материје, тамнија боја, развој земљишне структуре и др. Млади формиран хоризонт је добро препознатљив у рекултивисаним земљиштима, нарочито код типа индиректне рекултивације, јер садржи у великој мјери особине коришћеног земљишта као природног педолошког покривача.

Земљишна својства заједно са осталим биотичким и абиотичким факторима у знатној мјери одређују појаву спонтане флоре на депосолима, те дају показатеље основних агроеколошких карактеристика и важне инпуте при пројектовању мјера рекултивације. Са друге стране, вегетација проистекла из рекултивације има важну улогу у заштити површине новоформираних техногених земљишта од ерозије и омогућава акумулацију финих честица земљишта (Tordoff et al. 2000; Conesa et al. 2007).

У спектру спонтане флоре и вегетације иницијалне биљне заједнице техногених земљишта најчешће су коровске врсте. Један од приједлога је да се асоцијација основне јединице лапоровитих техногених земљишта у БиХ означи као *Tusilago-Equisetum arvensae* (Мујачић 2013). У наставку је дат сажети приказ проведених истраживања спонтане флоре и вегетације на одлагалиштима откривке у два географски и геолошки различита рударска басена, Станари и Гацко.

У проучавању флоре на вањском и унутрашњем одлагалишту откривке са површинског копа Рашковац рудника Станари еколошка анализа указује на доминацију субмезофита и субксерофита, индикатора неутралне до слабо киселе подлоге, супстрата средње богатог минералним материјама, те повољног свјетлосног и температурног режима (Малић и Ковачевић 2009). Анализом биолошког спектра констатована је доминација хемикриптофита. Флористичким истраживањем одлагалишта откривке и јаловинског материјала констатовано је 49 васкуларних биљака, са 44 рода, 19 фамилија и три класе.

Таксономском анализом утврђено је да 47 врста васкуларних биљака припада одјељку *Spermatophyta*, а двије врсте одјељку *Pteridophyta*. У одјељку *Spermatophyta* највећи број констатованих таксона припада класи *Dicotyledones*: 38 врста, 34 рода и 15 фамилија.

Друга по заступљености је класа *Monocotyledones* са: 9 врста, 9 родова и три фамилије. Одјељак *Pteridophyta* представљен је класом *Sphenopsida*, која

има двије врсте из рода *Equisetum* – преслице (*Equisetum arvense* L. и *Equisetum telmateia* Ehrh.), и то углавном у великој бројности заступљене на већини рударских техногених земљишта. Неке карактеристичне врсте приказане су на Сл. 10.8.



Сл/Fig. 10.8. *Lythrum salicaria* L. (Фото/
Photo: Малић
Н/Malić N)



Сл/Fig. 10.9.
*Solidago virga-
aurea* L. (Фото/
Photo: Малић
Н/Malić N)



Сл/Fig. 10.10.
Calamagrostis epigeios
(L.) Roth. (Фото/
Photo: Малић Н/Malić
N)

Приликом истраживању лапоровитих техногених земљишта на неколико одлагалишта у руднику Гацко еколошком анализом утврђена је доминација субмезофита, индикатора неутралне до слабо киселе хемијске реакције подлоге, супстрата средње богатог минералним материјама, те повољног свјетлосног и температурног режима (Малић и сар. 2011).

Таксономском анализом утврђено је да 29 врста васкуларних биљака припада одјељку *Spermatophyta*, а двије врсте одјељку *Pteridophyta*. У одјељку *Spermatophyta* највећи број констатованих таксона припада класи *Dicotyledones* са 25 врста у 11 фамилија.

Друга по заступљености је класа *Monocotyledones* са фамилијом *Poaceae*, која обухвата три врсте у фамилији *Juncaceae*.

Одјељак *Pteridophyta* представљен је класом *Sphenopsida*, која има двије врсте из рода *Equisetum*. Врстама су најбројније фамилије: *Asteraceae* (8), *Fabaceae* (4), и *Poaceae* (3), које заједно чине 48,38% од укупног броја врста. Неке карактеристичне врсте веће бројности на одлагалиштима откривке гатачког угљеног басена приказане су на Сл. 10.11–10.13.



Сл/Fig. 10.11.
Cirsium arvense (L.)
Scop. (Фото/Photo:
Малић Н/Malić N)



Сл/Fig. 10.12.
Tussilago farfara L.
(Фото/Photo:
Малић Н/Malić N)



Сл/Fig. 10.13.
Dipsacus sylvester
Huds. (Фото/Photo:
Малић Н/Malić N)

10.7. Основни облици и пројектна рјешења рекултивације

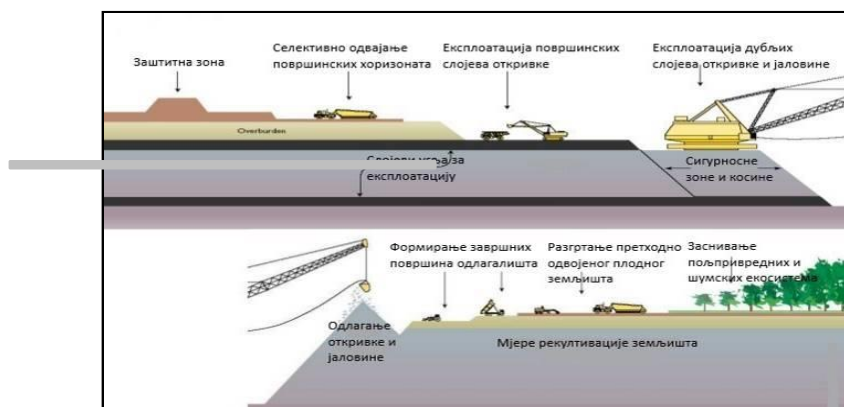
За квалитетно пројектовање рекултивације на једном рудном лежишту или његовом дијелу апсолутно је оправдано анализирати параметре у ширем контексту:

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;
3. планирање и квалитетно дефинисање управљања рекултивисаним земљиштем уз сагледавање могућности даљег коришћења у пострекултивационом периоду.

За ревитализацију земљишта деградираног рударским радовима најчешће се примјењује једна или више комбинација од укупно три категорије рекултивације (Ресуловић 1984, дјелимично кориговано и допуњено Малић Н):

- ауторекултивација или спонтана рекултивација, која означава успостављање вегетације без или са врло малим учешћем људске активности;

- семирекултивација или дјелимично проведена рекултивација обухвата мјеру када се на техногеном земљишту изврши заснивање вегетације (најчешће методом пошумљавања), без претходне припреме саме површине (изостављена примјена техничке и агротехничке рекултивације);
- потпуна рекултивација или еурекултивација, што подразумијева провођење рекултивације вишефазним системом, тј. примјену техничке, често агротехничке, и намјенске биолошке фазе рекултивације, уз остале потребне помоћне подфазе, и друге мјере.



Сл. 10.14. Упростијени примјер отварања, рада, затварања и рекултивације површинског копа

Fig. 10.14. A simple example of opening, working, closing and soil reclamation of surface mine

Као примјери добрих пројектних рјешења рекултивације у већим рударским басенима узети су важећи урађени пројекти рекултивације деградираног земљишта са три основне фазе:

- 1) техничка фаза рекултивације,
- 2) агротехничка фаза рекултивације и
- 3) биолошка фаза рекултивације.

Разликују се основни типови рекултивације и неколико подтипова:

- индиректна (посредна) рекултивација, која представља коришћење плоднијег земљишта као завршног слоја на формираном одлагалишту откривке;
- директна (непосредна) рекултивација, без наношења других земљишних материјала на завршну површину одлагалишта, тј. депосол;

- различите комбинације и интензитети индиректне и директне рекултивације.

Пројектна рјешења рекултивације могу имати широку лепезу облика, метода и праваца на различитим коповима и на појединим дијеловима једног рудног лежишта. Најчешћи правци и методе биолошке фазе рекултивације су сљедећи:

- пољопривредна рекултивација (Сл. 10.15),
- шумарска рекултивација,
- рекултивација заснивањем биоенергетских плантажа,
- рекреационо-туристички садржаји са воденим површинама,
- рекултивација кроз посебне намјене простора (изградња и сл).



Сл. 10.15. Одлагалиште откритке са површинског копа Рашковац, Станари (зона Драгаловци): (1) завршетак обликовања и рекултивација, 2015. година; (2) коришћење истог одлагалишта у пострекултивационом периоду, 2020. година (Фото: Малић Н)

Fig. 10.15. The disposal area for overburden from Raškovac Stanari coal mine (zone Dragalovci): (1) completion of construction and reclamation, 2015; (2) using the same disposal area for overburden in the post-reclamation period, 2020 (Photo: Malić N)

10.7.1. Техничка фаза рекултивације

Фаза техничке рекултивације техногених земљишта настала рударским активностима има вишеструке задатке:

- превасходно обезбјеђење површине одлагалишта или другог деградираног простора на коме је могуће приступити извођењу биолошке рекултивације,
- стварање могућности за квалитетне и различите искористивости у пострекултивационом периоду,

- враћање морфологије терена у приближне облике рељефа из периода прије отпочињања рударских радова и др.

Специфичност техничке фазе рекултивације јесте да се за примјену ове фазе користи рударска механизација: хидраулични багери, багери сајлаши, булдозери, скрејпери, гредери, камионска и друга транспортна средства и сл. (Ковачевић и Малић 2010).

Ток основних и важнијих активности при извођењу техничке фазе рекултивације најчешће се реализују сљедећим редослиједом:

1. Селективно одвајање и привремено депоновање површинских хумусно акумулативних земљишних хоризоната (Сл. 10.16).



Сл. 10.16. Селективно откопавање плодног земљишта, привремено депоновање и разгртање плодног земљишта на површину депосола

Fig. 10.16. Selective excavation of fertile soil, temporary deposition, and spreading of fertile soil on the surface of Deposol

2. Радови на припреми завршних косина формираних одлагалишта откривке, завршних косина у зонама откопане сировине, ради неопходне стабилизације и рекултивације.
3. Равнање површине депосола на одлагалиштима и међусобним етажним равнима, те другим површинама унутар површинског копа, ради добијања површина које омогућавају примјену пољопривредне механизације и потребно одвођење вишка падавинских вода.
4. Навожење и разгртање привремено депонованог плодног земљишног материјала на одређене равне или косе завршне површине (Сл. 10.16).
5. Израда привремених или трајних приступних путева и узлазно–силазних рампи за потребе проласка механизације.
6. Уређивање каналске мреже и других објеката за контролисано одвођење падавинских вода.

10.7.2. Агротехничка фаза рекултивације

У провођењу потпуне рекултивације агротехничка фаза скоро редовно представља неизоставан процес. Редовно је присутна на већим површинским коповима (углавном лежишта угља). Приоритетно обухвата примјену скупа агротехничких и других мјера са основним циљем подизања плодности земљишта и на друге начине побољшава продуктивност формираних техногених земљишта.

Провођење агротехничке фазе рекултивације углавном је повезано са рекултацијом завршних платоа одлагалишта, тј. већих равних површина, предодређених за касније потенцијално искоришћавање кроз пољопривредну рекултацију, односно комерцијалну пољопривредну производњу.

Реализација ове фазе, нарочито у директном типу рекултивације, примарно обухвата неколико основних технолошких захвата (најчешће агротехничке мјере):

- 1) накнадно равнање завршних равних и косих површина,
- 2) дубоко орање, риголовање или примјена рипера са рударским и другим машинама,
- 3) мелиоративно ђубрење органским и минералним ђубривима, превасходно с циљем обогаћивања површинског слоја депосола органском материјом и биогеним елементима,

4) корекција неповољне рН вриједности.

Низак садржај органске материје је редовна појава у депосолима и при томе се у процесу директне рекултивације мора посветити посебна пажња ради стварања иницијалних услова за поспјешивање развоја и обогаћивање биоорганоминералног комплекса земљишта (Малић 2010а, 2010б; Malić and Marković 2021). Повећање садржаја хумуса у земљиштима постиже се примјеном слједећих агротехничких мјера: уношење органског ђубрива стајњака, провођење сидерације или зеленишног ђубрења и примјена синтетичких хумусних материја.

Разноврсност употребе, повољне биолошке особине, релативно скромни захтјеви према условима успјевања, висок и стабилан принос и квалитет биомасе чине крмни сирак (*Sorghum vulgare* L.) и суданску траву (*Sorghum sudanense* Pers.) значајним културама за зеленишно ђубрење у новим техноеколошким условима (Vučković 1999; Ћупина i sar. 2007; Glamočlija i sar. 2010; Malić et al. 2017).

У проведеним истраживањима сидерације на депосолу вањског и унутрашњег одлагалишта површинског копа Рашковац, Станари, средње измјерене вриједности надземне зелене масе суданске траве у два откоса годишње на ђубреним третманима кретао се од 79,00 до 79,25 t ha⁻¹ (Малић 2010б). У истом истраживању принос масе здруженог усјева озиме ражи и озиме грахорице у максималном вегетативном порасту на ђубреним третманима кретао се у интервалу 30–35 t ha⁻¹.

10.7.3. Биолошка фаза рекултивације

Биолошком фазом рекултивације, којој су претходиле техничка и агротехничка фаза, остварује се могућност искоришћења техногеног земљишта. Биолошка фаза рекултивације најчешће укључује примјену фитомелиорационих мјера, гдје долази до сјетве и садње различитих пољопривредних усјева и засада, те шумских култура, или пак неких других видова искоришћавања. Етапа биолошке рекултивације остварује корисну површину на рачун једног површинског копа (Павловић 2000).

У пројектовању биолошке рекултивације најважнији је избор одређених и одговарајућих биљних врста ако је ријеч о планирању 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 и јаловине

(Моторина и сар. 1971). Ово је важно зато што је најчешће ријеч о новоформираним геолошким супстратима на техногеном рељефу.

За правце пољопривредне рекултивације (са каснијом пренамјеном коришћења рекултисола у интензивне облике биљне производње) бирају се завршни платои одлагалишта, равних површина и правоугаоних облика, гдје је омогућена ефикасна примјена пољопривредне механизације (Семуновић и сар. 1985; Павловић 2000). Површине са нагибом преко 15% генерално су непогодне за интензивно коришћење техногених земљишта, али могу бити погодне за пашњаке и пошумљавање (Sheoran et al. 2010; Uberman and Ostrega 2012). Најчешћи пољопривредни правци су засијавање травњака, гајење једногодишњих ратарских култура (стрна жита, једногодишње крмно биље, уљарице), воћарски засади и слично, једнако у експерименталном обиму и у производној рекултивацији (Malic et al. 2022).

10.8. Закључак

Значај земљишта у савременом добу као природног ресурса неопходно је посматрати кроз све производно-еколошке и остале функције земљишта. Услед 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 посљедице трајног и привременог губитка земљишта проузрокованог људским фактором.

Промјене особина земљишта као колектора различитих органских и неорганских материја често имају озбиљне и далекосежне посљедице. У основне видове оштећења земљишта на глобалном нивоу убрајају се: контаминација, губитак земљишта, збијање, салинизација, ерозија и клизишта.

На простору Републике Српске издвајају се четири основне групе процеса оштећења: микробиолошка контаминација земљишта, хемијска контаминација, антропогена деградација и физичка деструкција или нестајање земљишта. Микробиолошка и хемијска контаминација земљишта могу се јединствено посматрати као загађење земљишта.

Под појмом загађења земљишта и уопште животне средине подразумијева широк опсег квантитативних и квалитативних промјена појединих или укупних физичких, хемијских и биолошких особина земљишта.

Деградацију и деструкцију земљишта као тежих облика оштећења карактерише деградација унутар самог земљишног профила, одношење и неповратни губитак земљишта. Најдеструктивнији губици земљишта настају услед: површинске експлоатације минералних сировина, изградње насеља и индустријских објеката, те водних акумулација, одлагања различитог отпада, јаружне ерозије, клизишта и др. Губитак земљишта може бити привремени и трајни.

Најважнији узрочници привремене деструкције земљишта су: површинска експлоатација минералних сировина и депоније (одлагалишта) разног материјала. На територији Републике Српске најобимнија експлоатација врши се на лежиштима угља, руде жељеза, олова и цинка, алуминијума, боксита, различитих неметала, минералне воде и др.

Површинска експлоатација угља са радом термоелектрана одвија се у Станарима, Угљевуку и Гацку. Процеси површинске експлоатације узрокују неизбјежне измјене у горњем дијелу литосфере, у педосфери, цијелој хидросфери, биосфери и доњем дијелу атмосфере, односно у непосредном контакту са активностима површинске експлоатације. За санацију насталих оштећења и ревитализацију животног простора потребно је провести рекултивацију деградираних земљишта.

Рекултивација техногеног земљишта проводи се у мањој или већој мјери кроз три основне фазе: техничку, агротехничку и биолошку рекултивацију. У оквиру 11 угљених басена у БиХ, укључујући све њене врсте, рекултивацијом је захваћено 15%–20% деградираних површина. У Републици Српској рекултивацијом је обухваћено око 10% техногеног земљишта (нешто више од 2.000 ha) на три угљена басена. Два основна типа рударских техногених земљишта су депосол и рекултисол.

Плодност депосола, као и већине других типова техногених земљишта, најчешће је ниска. Снабдјевеност депосола основним биогеним елементима је у границама или испод минималних концентрација. Осим дефицита хранљивих материја, техногена земљишта су уопште сиромашна педобиосом и органском материјом и имају недовољно развијен адсорптивни комплекс. У вишегодишњем периоду рекултивације са знатном доминацијом антропогеног фактора формира се површински минерално-органогени слој, који представља иницијални акумулативни хумусни хоризонт рекултисола. Гајење пионирских биљних врста и инкорпорација органске материје предуслови су за интензивирање педогенетских процеса у техногеном земљишту.

Литература

- Alkala VA, Lal R (1999) Soil carbon enhancement in graded and ungraded reclaimed minesoil under forest and pasture in Ohio, USA. Доступно на: <https://topsoil.nserl.purdue.edu/nserlweb-old/isco99/pdf/ISCOdisc/SustainingTheGlobalFarm/P030-Akala.pdf>, Приступљено: 11.12.2021
- Антоновић МГ (1982) Класификација оштећених земљишта. Земљиште и биљка 31(3):365–375
- Babović N, Dražić G, Đorđević A (2012) Mogućnost korišćenja biomase poreklom od brzorastuće trske *Miscanthus x giganteus*. Hem. ind. 66(2):223–233. doi:10.2298/HEMIND110711082B
- Blumenthal MJ, McGraw RL (1999) Lotus adaptation, use and management. In: Beuselinck P (ed) Trefoil: The Science and Technology of Lotus. CSSA Special Publication, Madison, Wisconsin. 28:97–119, doi:/10.2135/cssaspecpub28.c6
- Barcelo J, Poschenrieder C (2003) Phytoremediation: principles and perspectives. Cont. Sci. 2(3):333–344. doi:10.2436/CS.V0I0.310
- Бојацић Н (1964) Пошумљавање огољелих рудничких земљишта тзв. јаловина. Народни шумар, NO 1–2
- Vimmerstedt JP, House MC, Larson MM, Kasile JD, Bishop BL (1989) Nitrogen and carbon accretion on Ohio coal minesoils: Influence of soil forming factors. Landsc. Urban Plan. 17(2):99–111. doi:10.1016/0169-2046(89)90018-2
- Веселиновић Д (1995) Физичко-хемијски основи заштите животне средине (Књига I: Стања и процеси у животној средини). Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију Београд
- Влада Републике Српске (2018) Стратегија развоја енергетике Републике Српске до 2035. године
- Влада Републике Српске (2020) Катастар одобрених експлоатационих поља. Доступно на: <https://vladars.net/sr-SP-Cyrl/Vlada/Ministarstva/mper/katastistraz/Pages/default.aspx>, Приступљено 01.03.2021
- Вујић С (2006) Селективно откопавање и одлагање откривке у функцији рекултивације површинских копова угља (монографија). Рударски и геолошки факултет у Београду, Електропривреда Србије, Академија инжењерских наука Србије, Београд
- Вучковић С (1999) Крмно биље. Монографија. Институт за истраживања у пољопривреди „Србија“, Београд.
- Gitt MJ, Dollhort DJ (1991) Coal Waste Reclamation Using Automated Weathering to Predict Lime Requirement. Journal Environment Quality 20:285–288
- Гламочлија Ђ, Дражић Ђ, Икановић Ј, Малетић Р, Јанковић С, Миловановић Ј, Ракић С (2010) Утицај повећаних количина азота на принос зелене биомасе и сена крмног сирка, суданске траве и интерспецијес хибрида. Ј.

- Sci. Agric. Research. 71(2):63–74. Доступно на:
<https://aspace.agrif.bg.ac.rs/bitstream/id/1174/2375.pdf>, Приступљено:
10.03.2023
- Голубовић Ђургуз В, Дражић Д, Веселиновић М, Милетић З (2010)
Микробиолошка активност депосола рудника Мајданпек и могућност
преживљавања садница у њима. Међународна конференција
Деградирани простори & екоремедијација, Београд, стр 367–378
- Gould AB, Hendrix JW, Ferriss RS (1996) Relationship of Mycorrhizal Activity to Time
Following Reclamation of Surface Mine Land in Western Kentucky. I Propagule
and Spore Population Densities. *Canad. J. Bot.* 74:247–261. doi:10.1139/b96-030
- Gradel TE (1978) *Chemical Compounds in the Atmosphere*. New York: Academic Press
- Грачанин М (1950) Приручник за типолошко истраживање и картирање
вегетације. Загреб
- Грубић А, Цвијић Р, Милошевић А (2010) Минерално сировински потенцијал
Републике Српске. Рударство у привреди и развоју Републике Српске –
монографија. Универзитет у Бањој Луци - Рударски факултет Приједор,
стр 2–24
- Daniels WL (1999) *Creation and Management of Productive Mine Soils*. Powell River
Project Reclamation Guide Lines for Surface – Mined Land in Southes Virginia.
Доступно на: www.ext.vt.edu/pubs/mines/460.121/460.121.html,
Приступљено: 10.01.2021
- Das M, Maiti SK (2005) Metal Mine Waste and Phytoremediation. *Asian Journal of
Water, Environment and Pollution* 4(1):169–176
- Donahue RL, Miller RW, Shickluna JC (1990) *Soils: An Introduction to Soils and Plant
Growth* (5th ed). Prentice-Hall, 234
- Драговић С (2000) Наводњавање. Институт за ратарство и повртарство Нови Сад.
- Дражић Д, Дражић М, Раткинић М, Марковић Д (1990) Еколошки значај шумске
рекултивације оштећених земљишта Колубарског басена. Зборник радова
савјетовања „Еколошки проблеми Београда, стање и могућности њиховог
решавања – књига III“, Савез друштва инжењера и техничара Београд,
Београд, стр 87–92
- Дражић Д, Петровић Н, Аранђеловић М, Витас А, Радојевић У, Спасић С (2014)
Екоремедијација деградираних простора плантажирањем мискантуса. У:
Миловановић Ј. Универзитет Сингидунум Београд – Факултет за
примењену екологију Футура
- Ђикић А (2010) Динамика акумулације органске материје у геогеним
депосолима на подручју централног Косова. Докторска дисертација.
Универзитет у Приштини – Пољопривредни факултет Лешак
- Ђоровић М, Исајев В, Кадовић Р (2003) Системи антиерозионог пошумљавања и
затрављивања. Монографија. Универзитет у Бањалуци – Шумарски
факултет Бања Лука

- Educons University Сремска Каменица (2020) Studija o oceni kvaliteta i proceni stepena ugroženosti zemljišta. Monitoring nepoljoprivrednog zemljišta u AP Vojvodini JN OP 10/2020. Pokrajinski sekretarijat za urbanizam i zaštitu životne sredine Republika Srbija. Доступно на: www.ekourbarv.vojvodina.gov.rs/wp, Приступљено: 09.02.2023.
- Живковић М (1991) Педологија (прва књига – генеза, састав и особине земљишта). Пољопривредни факултет Београд и Научна књига Београд.
- Ilić P, Nišić T, Ilić S, Stojanović Bjelić LJ (2020) Identifying New 'Hotspot' Heavy Metal Contamination in Industrial Zone Soil. *Pol. J. Environ. Stud.* 29(4):2987–2993. doi:10.15244/pjoes/113095
- Ilić P, Ilić S, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić L, Farooqi ZUR, Sole B, Adimalla N (2021a) Source Identification and Ecological Risk of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Soils and Groundwater. *Ecol. Chem. Eng. S.* 28(3):355-363. doi:10.2478/eces-2021-0024
- Ilić P, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić LJ, Farooqi ZUR (2021b) Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Different Layers of Soil and Groundwater – Evaluation of Levels of Pollution and Sources of Contamination. *Pol. J. Environ. Stud.* 30(2):1191–1201. doi:10.15244/pjoes/125565
- Ilić P, Ilić S, Nešković Markić D, Stojanović Bjelić L, Popović Z, Radović B, Mrazovac Kurilić S, Farooqi ZUR, Mehmood T, Mohamed MH, Kouadri S (2022) Ecological Risk of Toxic Metal Contamination in Soil around Coal Mine and Thermal Power Plant. *Pol. J. Environ. Stud.* 31(5):4147–4156. doi:10.15244/pjoes/148071
- Јањић В, Пржуљ Н (2020) Глобални природни фактори који ограничавају биљну производњу. У: Пржуљ Н, Тркуља В (уредници) Од генетике и спољне средине до хране. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија ХЛ:1–33
- Johnson SP (1993) *The Earth Summit. The United Nations Conference on Environment and Development*, Graham and Trotman. London
- Каповић Соломун М, Марковић М (2022) Земљишта Републике Српске. Универзитет у Бањој Луци – Шумарски факултет Бања Лука
- Кастори Р, Kádár I, Секулић П, Богдановић Д, Милошевић Н, Пуцаревић М (2006) Узорковање земљишта и биљака незагађених и загађених станишта. Научни институт за ратарство и повртарство Нови Сад.
- Катзер Ф (1926) Геологија Босне и Херцеговине, Сарајево
- Каџинскиј Н А (1965) *Fizika роџви, I deo*. Izdateqstvo Moskva
- Ковачевић Д, Лемии Ј, Стојановић М, Зилџовић С, Илеш Д (2008) Контролисано отупштање пестицида са органо-минералних формулација. Зборник радова научно-стручног скупа са међународним учешћем „Савремене технологије за одрживи развој градова“, Бања Лука, стр 695–701
- Ковачевић Г, Малић Н (2010) Методе одвајања плодних површинских хоризоната земљишта при експлоатацији минералних сировина. Зборник

- радова Научно-стручног скупа „Рударство у будућности Републике Српске“. Република Српска БиХ – Приједор, стр 114–121
- Kostić A (2007) Inženjering zaštite životne sredine: Osnovi inženjeringa uklanjanja postojećeg zagađenja. Univerzitet u Beogradu – Hemijski fakultet Beograd
- Кнежичек Ж, Уљић Х, Хусагић Р (2006) Обликовање и пренамјена простора површинских копова лигнита. Рударски институт Тузла
- Lal R (1990) Soil Erosion and Land Degradation: The Global Risks. In: Lal R, Stewart BA (eds) Advances in Soil Science. Advances in Soil Science, vol 11, Springer, New York, NY, pp 130–170. doi:10.1007/978-1-4612-3322-0_4
- Лукић Р, Дардић М, Марковић М, Ристић Д (1997) Процјена производне и употребне вриједности земљишног простора у Републици Српској, *Агрознање* 2:31–36
- Ljuša M, Čustović H (2019) Agricultural Land Use and Land Losses in Bosnia and Herzegovina in the Period 1961–2018. *Agric. For.* 65(1):147–156. doi:10.17707/AgricultForest.65.1.15
- Maiti SK, Karmakar NC, Sinha IN (2002) Studies into Some Physical Parameters Aiding Biological Reclamation of Mine Spoil Dump – A Case Study From Jharia Coal Field. *Indian Min. Eng. J.* 41:20–23. Доступно на: www.osti.gov/etdeweb/biblio/20346383, Приступљено: 10.03.2023
- Maiti SK (2003) Moef report, an assessment of overburden dum rehabilitation technologies adopted in CCL, NCL, MCL and SECL mines (Grant no. J-15012/38/98-IA IIM)
- Maiti SK, Ghose MK (2005) Ecological restoration of Acidic Coal Mine Overburden Dumps – an Indian Case Study. *Land Contam. Reclam.* 13(4):361–369. doi:10.2462/09670513.637
- Максимовић М, Милошевић Д (2016) Заштита животне средине рекултивација пошумљавањем одлагалишта површинских копова угља. Институт за рударство и металургију Бор
- Малић Н, Ковачевић З (2009) Флора Станарских одлагалишта. *Агрознање* 10(2):47–56
- Малић Н (2010а) Сидерација као агротехничка фаза еурекултивације спољашњег одлагалишта површинског копа Рашковац, Станари. Магистарска теза, Универзитет у Бањалуци – Пољопривредни факултет Бања Лука
- Малић Н (2010б) Хумификација техногених земљишта у агроеколошким условима Станара. *Агрознање* 11(3):125–132
- Малић Н, Ковачевић Г, Бијелић В (2010) Рекултивација техногених земљишта у Републици Српској. I Међународни симпозијум Савремене технологије у рударству и заштити животне средине – Рударство 2010, Зборник радова Тара, Србија, стр 437–444
- Малић Н, Ковачевић З, Милидраг З (2011) Флора Гатачких техногених земљишта. *Агрознање* 12(2):211–218

- Малић Н, Лакић Ж (2011) Могућност гајења високог вијука (*Festuca arrundinacea* Schreb.) у рекултивацији станарских депосола. *Агрознање* 12(1):57–66
- Малић Н, Марковић М (2012) Промјене педолошких карактеристика депосола у рекултивацији. *Агрознање* 13(3):463–474
- Малић Н (2015) Рекултивација Станарских депосола примјеном агромелиоративних мјера и сјетвом травно-легуминозних смјеса. Докторска теза, Универзитет у Бањалуци – Пољопривредни факултет Бања Лука
- Малић Н, Котаран Р, Ковачевић Г (2016) Позитивни примјери рекултивације техногенних површина на пк Рашковац – Станари (уводно предавање). Зборник радова II Рударско-геолошког форума са међународним учешћем „Приједор 2016“, Приједор, стр 60–69
- Malić N, Matko Stamenković U, Marković M, Kovačević Z (2017) Sudangrass (*Sorghum sudanense* Pers.) in the Reclamation of Technosols in the Stanari Mining Area. *Contemp. Agric.* 66(3–4):53–59. doi:10.1515/contagri-2017-0019
- Malić N, Matko Stamenković U (2018) Karakteristike pedogenetskih procesa pri intenzivnim agrotehničkim mjerama u procesu rekultivacije. *Zemljište i biljka*, 67(2):10–29
- Malić N, Matko U, Lakić Ž (2019) Yield of Grassland Biomass in Second Swath and Impact of Applied Measures on Chemical Reaction of Rekultisol. X International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2019“, October 03–06, 2019, Jahorina, Book of Proceedings, pp 1233–1241
- Malić N, Marković M (2021) The Dynamics of Chemical Properties in the Mine Technosols After Six Years of Reclamation. 3rd International and 15th National Congress of Soil Science Society of Serbia „Solutions for Future under Global Challenges“. 21–24 September 2021 Sokobanja, Serbia. Book of Proceedings, pp 302–312
- Malić N, Marković M, Trbić M (2021) Osnovne fizičke i mehaničke osobine tehnogenih zemljišta rudarskog basena Stanari. Zbornik radova X Међународне конференције UGALJ 2021. Zlatibor, 13–16. oktobar, str 83–87
- Malić N, Lončar S, Matko U (2022) Experimental and Production Results of Biological Reclamation of Stanari Coal Basin. 8th Balkan Mining Congress – Proceedings. Belgrade, September 28–30, pp 708–723
- Mandal A, Sengupta D (2006) An assessment of soil contamination due to heavy metals around a coal-fired thermal power plant in India. *Environ. Geol.* 51(3):409–420. doi:10.1007/s00254-006-0336-8
- Манојловић М, Богдановић Д, Лазић С, Нешић Љ (2014) Плодност и оптерећеност земљишта у пограничном подручју. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет.
- Марковић Д (1996) Физичко-хемијски основи заштите животне средине (Књига II: Извори загађења, посљедице и заштита). Универзитет у Београду – Факултет за физичку хемију Београд

- Марковић М (2006а) Коришћење земљишта у функцији заштите животне средине. Зборник радова I међународног конгреса Екологија, здравље, рад, спорт, Бања Лука, стр 62–65
- Марковић М (2006б) Узроци и посљедице деградације земљишта у Републици Српској. Зборник радова I међународног конгреса Екологија, здравље, рад, спорт, Бања Лука, стр 66–69
- Marković M, Lukac Z (2009) Causes of soil damages in Bosnia and Herzegovina and soil protection measures. International Scientific Thematic Conference: Soil Protection Activities and Soil Quality Monitoring in South Eastern Europe. Доступно на: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/efad846a-2d67-4e99-88b4-ed8140b4f379/language-en>, Приступљено: 01.04.2010
- Матавуљ М, Лолић С, Илић П (2009) Сапротрофна активност као показатељ квалитета воде акумулација. Зборник радова научно-стручног скупа са међународним учешћем: Заштита и здравље на раду и заштита животне средине, Бања Лука, стр 265–277
- Matlack GR (2009) Long-term changes in soils of second forest following abandonment from agriculture. *J. Biogeography* 36:2066–2075. doi:10.1111/j.1365-2699.2009.02155.x
- Merrington G, Winder L, Parkinson R, Redman M (2002) Agricultural Pollution. Environmental problems and practical solutions. Spon Press, London and New York. Доступно на: *Agricultural Pollution: Environmental Problems and Practical Solutions – Graham Merrington, Dr Linton Winder Nfa, R. Parkinson, Mark Redman, L. Winder – Google Books*, Приступљено: 15.12.2009
- Михајловић Љ, Крстић О (1957) Наше искуство са рекултивацијом затрованих терена у басену Борског рудника. Шумарство, 7–8, Београд
- Moreno-da las Heras M, Nicolau JM, Espirages MT (2008) Vegetation Succession in Reclaimed Coal Mining Sloped in a Mediterranean-dry Environment. *Ecol. Eng.* 34:168–178. doi:10.1016/j.ecoleng.2008.07.017
- Министарство пољопривреде, шумарства и водопривреде Републике Српске (2021) Стратегија развоја пољопривреде и руралних подручја Републике Српске 2021–2027. година.
- Моторина ЛВ, Чеклина ВН, Ижевская ТИ (1971) О некоторых экологических аспектах развития растений на промышленных отвалах в Подмосковном бурoughольном бассейне. *Экология (Москва)*, 5:20–24
- Mehra A, Farago ME, Banerjee DK (1998) Impact of fly ash from coal fired power stations in Delhi, with particular reference to metal contamination. *Environ. Monitor. Assess.* 50:15–35. doi:10.1023/A:1005860015123
- Милојевић Р, Рамовић М, Кубат И (1976) Лежишта обојених и црних метала. Минералне сировине Босне и Херцеговине, Књига 3, Сарајево, стр 7–400
- Милојевић Р, Варићак Д (1976) Лежишта неметала. Минералне сировине Босне и Херцеговине, Књига 2, Сарајево, стр 242–441

- Mujačić R (2013) Pedogeneza laporovitog odlagališta rudnika mrkog uglja Đurđevik pod uticajem voćarske rekultivacije. Doktorska disertacija. Univerzitet u Sarajevu – Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Sarajevo
- Mukhopadhyay S, Masto RE, Yadav A, George J, Rama LC, Shukla SP (2016) Soil quality index for evaluation of reclaimed coal mine spoil. *Sci. Total Environ.* 542:540–550. doi:10.1016/j.scitotenv.2015.10.035
- McGuire A (2003) Green Manuring with Mustard: Improving an Old Technology. *Agrichemical and Environmental News*, Issue No. 206. Доступно на: <http://aenews.wsu.edu/June03AENews/June03AENews.htm>, Приступљено 02.02.2010
- Mückenhausen E (1975) *Bodenkunde*. Frankfurt am Main.
- Nath B, Hens L, Devuyst D (1996) *Sustainable Development*, Vubpress, Brussel.
- Окиљевић В, Марковић М (2005) Педологија (Књига 1, Агрогеологија – Силвогеологија). Универзитет у Бањој Луци – Пољопривредни факултет Бања Лука
- Oldeman LR (1988) Guidelines for general assessment of the status of human-induced soil degradation. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen. Доступно на: https://www.isric.org/sites/default/files/isric_report_1988_04.pdf, Приступљено 12.01.2021
- Павловић В (2000) Рекултивација површинских копова и одлагалишта. Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет Београд
- Pellegrini S, García G, Peñas Castejon JM, Vignozzi N, Costantini EAC (2016) Pedogenesis in mine tails affects macroporosity, hydrological properties, and pollutant flow. *Catena* 136:3–16. doi:10.1016/j.catena.2015.07.027
- Пивић Р, Станојковић А, Чакмак Д, Динић З, Џелетовић Ж (2011) Анализа стања депосола рударског басена Колубаре и предлог мера поправке. Зборник радова 6. симпозијума Рециклажне технологије и одрживи развој, Соко Бања, стр 307–314
- Пољопривредни институт Републике Српске Бања Лука (2009) Основа заштите, коришћења и уређења пољопривредног земљишта Републике Српске као компоненте процеса планирања коришћења земљишта.
- Пољопривредни институт Републике Српске Бања Лука, ЈП Рудник и термоелектрана Гацко (2013) Постављање и праћење огледа у циљу избора најадаптабилнијих и најпродуктивнијих биљних врста за рекултивацију – финални извјештај
- Pandey VC, Bajpai O, Singh N (2016) Energy crops in sustainable phytoremediation. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 54:58–73. doi:10.1016/j.rser.2015.09.078
- Poffley M, McMahon G (2006) Green Manure Cropping in Horticulture. Department of Primary Industry, Fisheries and Mines. Доступно на: [https://transact.nt.gov.au/ebiz/dbird/TechPublications.nsf/DA7A6CCA8A71E94B69257187004A9944/\\$file/636.pdf](https://transact.nt.gov.au/ebiz/dbird/TechPublications.nsf/DA7A6CCA8A71E94B69257187004A9944/$file/636.pdf), Приступљено 02.02.2023

- Racz Z (1981) Meliorativna pedologija I. Geodetski fakultet Zagreb
- Rasulić N, Miličić B, Delić D, Jošić D, Kuzmanović ĐŽ (2005) Comparative microbiological properties of sandy deposits of the barren soil at the Kolubara lignite mine under agricultural crops and woody perennials. J. Sci. Agric. Res. 66(4):73–80.
- Република Српска Министарство индустрије, енергетике и рударства (2011) Минералне сировине Републике Српске. Републички завод за геолошка истраживања Зворник.
- Републички завод за статистику 2020 www3.rzs.rs.ba/
- Ресуловић Х (1978) Утицај технолошког прогреса на процес оштећења и потрошње земљишта. Земљиште и биљка 27(1–2):1–12
- Ресуловић Х (1986) Проблеми рекултивације и могућности кориштења рекултивисаних земљишта. Земљиште и биљка 35(1):1–11
- Ресуловић Х (1984) Рекултивација – термини и концепција. Земљиште и биљка 33(1):19–24
- Ресуловић Х (1999) Земљишни ресурси у БиХ – кориштење у функцији одрживог развоја. Кориштење тла и воде у функцији одрживог развоја и заштите околиша. АНУБиХ – Посебна издања, књига С1Х, Одјељење природних и математичких наука, Сарајево. Књига 16, стр 33–44
- Ресуловић Х, Чустовић Х, Ченгић, И (2008) Систематика тла/земљишта (настанак, својства и плодност). Универзитет у Сарајеву – Пољопривредно-прехрамбени факултет Сарајево
- Рударски институт Бања Лука (2014) Допунски рударски пројекат трајне обуставе радова на експлоатацији угља на п.к. Грачаница Гацко. Технички пројекат рекултивације
- Рударски институт Бања Лука (2020) Допунски рударски пројекат експлоатације северног дела басена угља Станари. Рекултивација, књига IV
- Рударски институт Бања Лука (2023) Главни рударски пројекат Остружња. Технички пројекат рекултивације и просторног уређења површина захваћених експлоатационим радовима
- Savic D, Nisic D, Malic N, Dragosavljevic Z, Medenica D (2018) Research on Power Plant Ash Impact on the Quality of Soil in Kostolac and Gacko Coal Basins. Minerals 8:54. doi:10.3390/min8020054
- Секулић П, Кастори Р, Хаџић В (2003) Заштита земљишта од деградације. Научни институт за ратарство и повртарство Нови Сад
- Семунковић З, Мишкић Д, Танасковић С, Кључанин Т (1985) Величина и технорељеф рударског одлагалишта с гледишта рационалне експлоатације минералних сировина и потреба биолошке рекултивације. Земљиште и биљка 35(3):227–232
- Sencindiver JC Ammons JT (2000) Minesoil genesis and classification. Chapter 23. In: Barnhisel RI, Daniels WL, Darmody RG (Eds). Reclamation of drastically

- disturbed lands. Agronomy series No. 41. American Society of Agronomy, Madison, pp 595–613
- Skousen J, McDonald L. (2005) Liming Principles and Lime Products – Land Reclamation. West Virginia University. Доступно на: <https://extension.wvu.edu/files/d/a7092528-c722-4ffc-a869-9824cdf9936/limeprincpls.pdf>, Приступљено: 01.11.2011
- Службени гласник Републике Српске 62/18 (2018) Закон о рударству
- Службени гласник Републике Српске 119/21 (2021) Закон о пољопривредном земљишту – пречишћени текст
- Sobocka J, Balković J, Bedrna Z. 2017: Specific position of technogenic soils in the MSCS 2014 and relation to the WRB 2014. Degradation and revitalization of soil and landscape – Proceedings. Olomouc, Czech Republic, pp 36
- Стојаковић М, Јаковљевић И, Благојевић Т (2013) Управљање квалитетом угља на лежишту Рашковац у ЕФТ – Рудник и термоелектрана Станари. 6. Међународна конференција УГАЉ 2013. Златибор, 2–5 октобар, стр 301–312
- Стојановић Д, Мартиновић Б, Вучковић М, Симић С, Филиповић Р (1977) Хемијски састав земљишта оштећених рударским радовима. Земљиште и биљка 26(2):141–146
- Stefanovits HA, Filep G, Fuleky G (1999) Talajtan. Mezogazda kiado Budapest, pp 1–469
- Суфи Мићић С (1999) Инвентаризација техногених површина за извођење санационих мјера у функцији управљања рекултисолима. Кориштење тла и воде у функцији одрживог развоја и заштите околиша. АНУБиХ – Посебна издања, књига СХ, Одјељење природних и математичких наука, Сарајево, Књига 16, стр 425–434
- Суфи Мићић С (2008) Биопродуктивна својства шљаке и пепела из термоелектрана „Какањ“ и „Тузла“ – резултати лабораторијских експеримената. Зборник радова научно-стручног скупа са међународним учешћем „Савремене технологије за одрживи развој градова“. Бања Лука, стр 743–754
- Sheoran V, Sheoran AS, Poonia P (2008) Rehabilitation of mine degraded land by metallophytes. Min. Eng. J. 10(3):11–16
- Sheoran V, Sheoran AS, Poonia P (2010) Soil Reclamation of Abandoned Mine Land by Revegetation: A Review. Int. J. Soil. Sediment Water, 3(2):13. Досупно на: <https://scholarworks.umass.edu/intljssw/vol3/iss2/13>, Приступљено: 10.03.2023
- Shrestha RK, Lal R (2006) Ecosystem carbon budgeting and soil carbon sequestration in reclaimed mine soil. Environ. Int. 32(6):781–796. doi:10.1016/j.envint.2006.05.001
- Танчић Н (1993) Физички, хемијски и биолошки агенси контаминације земљишта. Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет.
- Terry N, Bañuelos G (2000) Phytoremediation of contaminated soil and water. Lewis Publishers, Printed in the United States of America.

- Toktar M, Lo Papa G, Kozybayeva FE, Dazzi C (2016) Ecological restoration in contaminated soils of Kokdzhon phosphate mining area (Zhambyl region, Kazakhstan). *Ecol. Eng.* 86:1–4. doi:10.1016/j.ecoleng.2015.09.080
- Tordoff GM, Baker AJM, Willis AJ (2000) Current Approaches to the Revegetation and Reclamation of Metalliferous Mine Wastes. *Chemosphere* 41:219–228. doi:10.1016/S0045-6535(99)00414-2
- Ђирић М (1991) Педологија. Свјетлост, Завод за уџбенике и наставна средства Сарајево
- Ђупина Б, Пејић Б, Ерић П, Крстић Ђ, Вучковић С (2007) Специфичности у технологији производње крмног сирка и суданске траве у агроеколошким условима Војводине. *Зборник радова Института за ратарство и повртарство*, 44(1):291–300
- Uberman R, Ostręga A (2012) Reclamation and Revitalisation of Lands After Mining Activities. Polish Achievements and Problems. *AGH J. Min. Geo-Eng.* 36(2):285–297
- US EPA (2014) Toxic and Priority Pollutants Under the Clean Water Act. Доступно на: <http://water.epa.gov/scitech/methods/cwa/pollutants.cfm>, Приступљено: 01.02.2023
- FAO, IUSS WORKING GROUP WRB (2014) World Reference Base for Soil Resources, update 2015. Доступно на: www.fao.org/3/a-i3794e.pdf, Приступљено: 03.03.2020
- Fiket Ž, Medunić G, Kniewald G (2016) Rare earth elements distribution in soil nearby thermal power plant. *Environ. Earth Sci.* 75(7):598. doi:10.1007/s12665-016-5410-2
- Хаџић В, Маринковић Б, Нешић Љ, Белић М (1999) Проблеми сабијања земљишта, 1–18. У: Сабијање земљишта, Институт за пољопривредну технику и Научни институт за ратарство и повртарство, Нови Сад
- Herrick J, Wander MM (1998) Relationship between soil organic carbon and soil quality in cropped and rangeland soils: The importance of distribution, composition, and soil biological activity. In *Soil Processes and The Carbon Cycle*, Lal JM, Follett RF, Stewart BA (eds). CRC Press: London, pp 405–425
- Caliman FA, Robu BM, Smaranda C, Pavel VL, Gavrilescu M (2011) Soil and groundwater cleanup: benefits and limits of emerging technologies. *Clean Technol. Environ. Policy.* 13:241–268. doi:10.1007/s10098-010-0319-z
- Chatterjee A, Lal R, Shrestha RK, Ussiri DAN (2009) Soil carbon pools of reclaimed minesoils under grass and forest landuses. *Land Degrad. Dev.* 20:300–307. doi:10.1002/ldr.916
- Clark EV, Zipper CE (2016) Vegetation influences near-surface hydrological characteristics on a surface coal mine in eastern USA. *Catena* 139:241–249. doi:10.1016/j.catena.2016.01.004
- Commission of the European Communities (2006) Thematic Strategy for Soil Protection. Доступно на: <http://eur-lex.europa.eu/legal->

- content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52006DC0231&from=EN, Приступљено 20.03.2022
- Conesa HM, Garcia G, Faz A, Arnaldos R (2007) Dynamics of Metal Tolerant Plant Communities' Development in Mine Tailings from the Cartagena-La Union Mining District (Se Spain) and Their Interes for Further Revegetation Purposes. *Chemosphere* 68:1180–1185. doi:10.1016/j.chemosphere.2007.01.072
- Čustović H (2005) An overview of general Land and Soil Water conditions in Bosnia and Herzegovina. European Soil Bureau-Research Report No. 9, JRC
- Целетовић Ж (2012) Мискантус (*Miscanthus x giganteus* Greef et Deu.) – производне одлике и продуктивност биомасе. Посебна издања – Задужбина Андрејевић Београд.
- Dželetović Ž, Simić A, Maksimović J, Živanović I (2014) Mogućnost fitostabilizacije deposola ugljenokopa korišćenjem travnih i bioenergetskih useva druge generacije. Међународни интегрисани skup „Земљиште 2014“, Београд, стр 49–57
- Dželetović Ž, Mihailović N, Ćujić M (2015) Arsenic concentrations in surface layers of soil near a power plant. *Zbornik radova naučno-stručnog skupa „Održivo korišćenje zemljišta“*, Rimski Šančevi, Republica Srbija, 2015, pp 147–154
- Шкорић А, Филиповски Г, Ђирић, М (1985) Класификација земљишта Југославије. АНУБиХ – Посебна издања, књига LXXVIII, Одјелење природних и математичких наука, Књига 13, Сарајево

Soil in Terms of Industrialization and Mining - Consequences and Soil Recovery

Nenad Malić

Summary

The land resource of Republic of Srpska is subject to damage impact caused by four basic groups of soil process: microbiological contamination, chemical contamination, anthropogenic degradation, and physical destruction or soil disappearance. The most common causes of soil contamination are heavy metals, sulphur solutions, organic pollutants, acid rains, pesticides, mineral fertilizers, radioactive radiation, mineral raw material deposits, various waste dump sites and other. Degradation of soil is reflected in the process of land sliding (erosion) and degradation of soil within the soil profile itself (*in situ*). Destruction of soil is the heaviest form of soil damage and loss. Surface mining of mineral raw materials appears to have the biggest impact resulting in soil loss. Temporary soil loss is usually defined by surface mining of mineral raw materials. Mining activities have most noticeable impacts on environment (soil, water, air, organisms). Technogenic soils are formed by overburden and interbred disposal and development of mineral raw material mining activities. Soil reclamation and other preventive environmental measures are to be taken to decrease adverse impact of mining activities and improve reclamation of degraded surfaces. Reclamation process covers approximately 10% of technogenic soil in Republic of Srpska at three coal basin locations (Gacko, Ugljevik and Stanari). Technogenic soil falls under VII class and I subclass of automorphic soils. Two types of soil belong to this subclass: Deposol and Rekultisol. Deposol represents interburden material moved to storage area before starting reclamation process. Rekultisol defines technogenic soil in different level and intensity of reclamation. The fertility of deposol, same as most other types of technogenic soil is generally poor. The basic goal of technogenic soil reclamation is surface stabilization and improvement of soil fertility. One of the most important properties of soil in the process of reclamation is organic matter content. Regular monitoring is important for collecting information on state of soils, application of reclamation measures, biogenic and other elements content in crop residue at reclaimed surfaces at the locations nearby mining and industrial utilities.

Keywords: Soil degradation and destruction, exploitation of mineral raw, materials, technogenic soil, reclamation, plant cover, organic matter, monitoring