

DOI 10.51558/2303-5161.2025.13.13.88

Pregledni rad

RUDARSTVO KRITIČNIH MINERALNIH SIROVINA U KONTEKSTU METODA OTKOPAVANJA

Tihomir Knežiček, dr.sc, red. prof. Univerzitet u Tuzli, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Urfeta Vežzagića 2, Tuzla, Bosna i Hercegovina, tihomir.knezicek@untz.ba

Sažetak

Metode otkopavanja i ekstrakcije kritičnih mineralnih sirovina, u kojoj grupi su i rude litijuma, ne razlikuju se od metoda otkopavanja metalčnih ili nemetalčnih mineralnih sirovina u čvrstom ili tečnom agregatnom stanju. Svaka od metoda ima varijacije i modalitete koji se primjenjuju u zavisnosti od prirodnih uslova ležišta i primijenjene rudarske mehanizacije za kopanje ili ekstrakciju. U globalu, kritične mineralne sirovine se otkopavaju metodama površinske, podzemne i bušotinske eksploatacije, kao i kombinacijom površinske i podzemne eksploatacije. Zakonitosti u procesu eksploatacije kritičnih mineralnih sirovina su identične zakonitostima eksploatacije drugih čvrstih mineralnih sirovina, pa se otkopavanje ruda litijuma i drugih kritičnih mineralnih sirovina mora sagledavati isključivo iz perspektive rudarske struke i nauke.

Ključne riječi: kritične mineralne sirovine, litijum, površinska eksploatacija, podzemna eksploatacija, bušotinska eksploatacija

Summary

Mining methods of excavating and extracting critical raw minerals, where lithium ores belong, do not differ from the mining methods applied for metallic or non-metallic raw minerals. Each of the methods has variations and modalities that are applied depending on the ore body genesis and properties, and the applied digging or extraction mining mechanization. Globally, critical raw minerals are mined applying surface, underground and borehole - well exploitation mining methods, as well as a combination of surface and underground mining. The exploitation principles of critical raw minerals are identical to the principles of other solid mineral raw minerals exploitation, so the extraction of lithium ores, and other critical raw materials, must be considered exclusively from the perspective of mining practices and since only.

Key words: critical raw minerals, lithium, surface mining, underground mining, well exploitation

1. UVOD

Rudarstvo je esencija egzistencije i napretka čovječanstva. U današnjem vremenu apsolutno sve što služi čovječanstvu, a da je napravljeno kao proizvod čovjekove djelatnosti, u sebi sadrži komponentu rudarstva. Odjeća, energija, komunikacije, saobraćaj, hrana, infrastruktura, zdravlje – ne može bez proizvoda rudarstva, primarno bez metalčnih i nemetalčnih mineralnih sirovina. Širok je spektar vrsta mineralnih sirovina neophodnih za životne funkcije,

a u tu kategoriju spadaju i kritične mineralne sirovine, među kojima su metali litijum i bor trenutno najaktuelniji. O ovoj „nevidljivoj“ činjenici rijetko se govori, a rudarstvo se često posmatra kao teška, opasna i nepoželjna djelatnost. A to je djelatnost bez koje se ne može. Logičan slijed konstatacije je da treba istraživati mineralne sirovine, otvarati rudnike, eksploatirati mineralnu sirovinu i na taj način omogućiti funkcionisanje čovječanstva. BiH ima značajne rezerve različitih mineralnih sirovina i može svoj prosperitet graditi na rudarstvu. EU u kontekstu korištenja mineralnih resursa smatra da BiH ima nekoliko prilika za strateško partnerstvo sa EU u oblasti mineralnih resursa, sa ciljem promocije ekonomskog razvoja i drugih oblasti, pa zato ohrabruje BiH da identifikuje održive projekte, uključujući potencijale u oblasti kritičnih mineralnih sirovina.

Činjenica je da eksploatacija mineralnih sirovina - rudarstvo može da ima negativan uticaj na okoliš degradacijom tla, zagađenjem tla i vode, poremećajem biodiverziteta, smanjenjem šumskih područja i narušenim ambijentalnim pejzažom. Početkom 21. stoljeća znatno se mijenja koncepcija kontrole ekstrakcije mineralnih sirovina, pa se primjenjuju novi pristupi korištenja rudarske opreme i procesa prerade mineralnih sirovina, kao i primjena strogih mjera zaštite okoliša. Rudarski objekti otvoreni u zadnjih 20 godina u BiH već daju odgovor na nove koncepcije kontrole rudarskih radova i prerade mineralnih sirovina, ali i dalje sporadično se javljaju incidenti koji ugrožavaju ili narušavaju okoliš. Prevencija ugrožavanja okoliša je u:

- poštivanju zakonodavnog okvira (koji predviđa rekultivaciju i prenamjenu degradiranih površina nastalih eksploatacijom mineralnih sirovina i formiranjem odlagališta), čije praćenje je u nadležnosti rudarskih inspekcija i
- primjeni novih tehnologija koje onemogućavaju negativan uticaj rudarstva na okoliš, a koje obezbjeđuju povećanu sigurnost osoblja i opreme u rudarskim objektima, kao i sigurnost u procesima prerade mineralnih sirovina posebno u oblasti tretmana industrijskih otpadnih voda i procjeđivanja odlagališta otkrivke na površinskim kopovima metalčnih ležišta.

Bosansko-hercegovačko rudarstvo je tradicionalno naklonjeno eksploataciji ruda olova, cinka, barita, kobalta, zlata, srebra, boksita, bakra, željeza, mangana, kao i eksploataciji uglja, pijeska, gipsa, gline, soli, šljunka i drugih mineralnih sirovina. Eksploatacija se bazira na površinskoj i podzemnoj eksploataciji, kao i na bušotinskoj eksploataciji slane vode na ležištu kamene soli Tetima kod Tuzle. Bosna i Hercegovina ima značajne rezerve različitih metalčnih mineralnih sirovina, a eksploataciju diktiraju potrebe tržišta, pa se rudnici novi otvaraju, a finansijski neisplativi se zatvaraju (ili konzerviraju). Promjene na tržištu cijena mineralnih sirovina ili proizvoda baziranih na mineralnim sirovinama, dešavaju se vrlo frekventno i često neočekivano, što ima direktnog uticaja na rudarstvo, pa time i na efekte rudarske eksploatacije. Korištenje informacija sa interneta omogućava kvalitetno i efikasno planiranje dinamike rudarskih radova koje se može prilagođavati promjenama tržišne cijene mineralnih sirovina. Primjer uticaja cijene finalnog proizvoda na rudarsku industriju je primjer Fabrike čelika i željeza ArcelorMittal Zenica, u kojoj je 7. 1.2024. godine počeo proces pokretanja visoke peći, kako bi se nastavila proizvodnju prekinutu u novembru 2023. godine. Proizvodnja je obustavljena 11.11.2023. godine zbog, kako je tada saopštila uprava, loših uslova na tržištu čelika. Korporacija ArcelorMittal, osim proizvodnje u Zenici, rukovodi i najvećim regionalnim rudnikom željezne rude u Prijedoru, koji je, također, obustavio proizvodnju u periodu kad

fabrika nije radila. Primjer internet informacija od značaja za tržište mineralnih sirovina je na <https://markets.businessinsider.com/commodities/> gdje se na dnevnoj osnovi može pratiti promjena tržišnih uslova za svaku mineralnu sirovinu.

2. METODE EKSPLOATACIJE KRITIČNIH MINERALNIH SIROVINA

Raspoloživost kritičnih mineralnih sirovina su uslov razvoja globalne industrije i tehnološkog napretka. Pod pojmom sirovine podrazumijevaju se minerali metala, industrijski minerali, građevinski materijali, drvo i prirodna guma. Europska Komisija je 2011. godine donijela odluku - zakon o službenom popisu kritičnim sirovinama, a popis se ažurira svake 3 godine, stoga se mijenja i broj sirovina koje se smatraju kritičnima. Tako je 2011. godine na listi bilo 14 sirovina, 2014. – 20, 2017. – 27, 2020. – 83 sirovinaka materijala, a u 2023. na listi je 87 kandidatskih elemenata. Sirovine su podijeljene u tri kategorije: strateške, kritične i ne-kritične. Kandidati u 2023. su 34 kritične mineralne sirovine, uključujući 17 strateških mineralnih sirovina. Strateške mineralne sirovine (i proizvodi od mineralnih sirovina) za EU su: aluminijum/boksit, litijum, laki elementi rijetkih zemalja, teški elementi rijetkih zemalja, silicijum metal, galijum, mangan, germanium, prirodni grafit, bizmut, titanium metal, bor, grupa metala platine, volfram, kobalt, bakar i nikl. Ostali kritični minerali su ugalj (za domaćinstva), fosfor, antimon, feldspat, skandium, arsen, magnezijum, barit, stroncium, berilium, tantal, hafnium, niobium, helijum, stijena fosfata i vanadijum¹.

Bosna i Hercegovina nema ni na jednom nivou uprave / entiteta definisano koje su strateške mineralne sirovine za BiH, osim što je odlukom Vlade Federacije BiH definisano da su nafta i plin strateške mineralne sirovine za FBiH.

Kritične mineralne sirovine se eksploatišu u čvrstom, tečnom i gasovitom stanju, i shodno agregatnom stanju primjenjuje se određena metoda eksploatacije. Mineralne sirovine u čvrstom stanju se uobičajeno eksploatišu klasičnim metodama površinske i podzemne eksploatacije, kao i kombinacijom površinske i podzemne eksploatacije. Mineralne sirovine u tečnom ili gasovitom stanju (nafta, plinovi, mineralne i termalne vode, litijum i bor u podzemnim akviferima) eksploatišu se bušotinskom eksploatacijom. Bušotinskom eksploatacijom tj. hidro rastvaranjem dobijaju se i mineralne sirovine koje su u čvrstom agregatnom stanju, ali koje se rastvaraju tečnom supstancom. Tako se kamena so, koja je u čvrstom stanju, rastvara vodom koja se bušotinski vadi u vidu slanica – so rastopljena u vodi. Rastvaranje mineralne sirovine u čvrstom stanju radi se i hemijskim supstancama koje se ubacuju kroz bušotine, koje rastvaraju npr. rude litijuma i bora koje su u čvrstom stanju, a vade se bušotinama u vidu (toplog) tečnog koncentrata.

Primjena metode otkopavanja, kao i mjesto otvaranje eksploatacionog objekta, zavisi od geneze i geoloških karakteristika ležišta, prostornog položaja ležišta, lokalnih uslova (voda, klima, infrastruktura), finansijskih kapaciteta investitora (eksproprijacija zemljišta, nabavka opreme i kadrova, dobijanje dozvola) i osiguranja snabdijevanja materijalima potrebnim za proizvodne procese.

¹ European Commission, Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 – Final Report, Brussels, 2023.

2.1 Površinska eksploatacija kritičnih mineralnih sirovina

Površinska eksploatacija kritičnih mineralnih sirovina obavlja se po istom konceptu kao površinska eksploatacija bilo koje mineralne sirovine u čvrstom agregatnom stanju. Karakteriše se iskopanim prostorom vidljivim na površini terena koji formira krater u zemlji i brdovita odlagališta na obližnjem prostoru. Krater je formacija etaža i drugih rudarskih objekata koji se u toku eksploatacije proširuje po površini (u svim pravcima ili u određenom pravcu – u zavisnosti od sistema eksploatacije) i po dubini, sve do ekonomski isplative dubine kopanja. U površinskoj eksploataciji obavljaju se procesi bušenja i miniranja kod čvrstih stijena, kopanja, utovara i transporta mineralne sirovine. Nekorisni materijal iz kratera kopa odlaže se na odlagališta koja su posebni rudarski objekti. Odlagališta mogu biti unutarnja ili vanjska. Kod unutarnjih odlagališta nekorisni materijal – otkrivka se odlaže u već otkopani prostor u konturi kopa. Druga vrsta su vanjska odlagališta gdje se odlaže otkrivka koja će permanentno ostati na mjestu gdje je deponovana izvan konture kopa. Površinska eksploatacija kritičnih mineralnih sirovina obavlja se dubokim površinskim kopovima zbog prirode zalijeganja ležišta mineralne sirovine. U procesu eksploatacije najčešće se primjenjuje sistem diskontinuirana eksploatacija koji uključuje korištenje osnovne mehanizacije: bager kašikar (užetni ili hidraulični) i kamion (damper). Pored osnove mehanizacije, neophodna je i pomoćna mehanizacija – buldozeri, dreglajni, grederi itd.



Slika 1. Površinski kop litijuma Kathleen Valley, Lione, Australija

U posljednjih 20 godina, u razvijenijim zemljama prisutna je automatizacija procesa koja se bazira na primjeni satelitskih tehnologija na autonomnom upravljanju rudarskom mehanizacijom (rad mašina bez ljudske posade). Površinska eksploatacija ima negativan uticaj na okoliš sa aspekta degradacije tla i eventualnog procjeđivanja odlagališta na metalničnim ležištima mineralnih sirovina. U oba slučaju mogu se preduzeti mjere zaštite okoliša rekultivacijom, prenamjenom otkopanih prostora i odlagališta i tretmana procjednih voda iz odlagališta. Na slici 1. prikazan je izgled i veličina površinskog kopa litijuma Talison Lithium's

Greenbushes, Australija, a na slici 2. prikazan je dio diskontinuiranog sistema eksploatacije bager kašika – kamion na površinskom kopu Greenbushes, a na slici 3 autonomna bušača garnitura na površinskom kopu rude litijuma Greenbushes u Australiji.



Slika 2. Utovar rude litijuma hidrauličnim bagerom kašikarom u kamion na Talison Lithium's Greenbushes u Australiji



Slika 3. Izbušene minske bušotine pripremljene za punjenje eksplozivom na Talison Lithium's Greenbushes u Australiji

Uticaj na okoliš površinske eksploatacije prvenstveno se ogleda u degradaciji velikih površina tla i remećenje prirodnog krajolika, a kod odlagališta metalnih mineralnih sirovina javlja se procjeđivanje voda kontaminiranih metalima koji mogu uticati na zagađenje tla i vode u blizini rudarskih radova, ali i u udaljenijim područjima gdje se tlo i voda kontaminiraju dotokom zagađenih podzemnih voda.

2.2 Podzemna eksploatacija kritičnih mineralnih sirovina

Podzemna eksploatacija mineralnih sirovina je način dobijanja mineralne sirovine kopanjem u podzemnim prostorima – rudnicima. Konceptija i princip kopanja kritičnih mineralnih sirovina se ne razlikuje od principa kopanja metalnih mineralnih sirovina metodama podzemne eksploatacije.

Rudarske operacije kopanja i transporta se odvijaju u podzemnim prostorijama, a drugi dio procesa eksploatacije mineralne sirovine odvija se na površini. Ostali dijelovi procesa su transport i prerada mineralne sirovine uz prisustvo pratećih postrojenja i rudničke infrastrukture. U podzemnoj eksploataciji primjenjuje se više metoda otkopavanja, u zavisnosti od vrste mineralne sirovine, prirodnih karakteristika rudnog ležišta i primijenjene mehanizacije. Proizvodni kapaciteti su manji u odnosu na površinsku eksploataciju zbog potrebe ostavljanja sigurnosnih stubova, uslova rada i drugih proizvodnih uticajnih faktora.

U zavisnosti do rudarsko-geoloških uslova koristi se rudarska mehanizacija za kopanje, proces bušenja i miniranja, ručni ili mašinski utovar materijala u transportno sredstvo i transport materijala na površinu terena gumenim trakama, vagonetima, jamskim kamionima ili drugim transportnim sredstvom². Od početka 21. stoljeća procesi kopanja i transporta se odvijaju autonomnom mehanizacijom bez ljudske posade, tj. procesima se upravlja iz nadzornih stanica koje su na površini terena.

Projekat rudnika litijuma u Jadru kod Loznice, Srbija, predviđa izgradnju i razvoj rudnika sa podzemnom eksploatacijom sa pratećom infrastrukturom i opremom, uključujući električne podzemne kamione, kao i izgradnju postrojenja za pripremu litijuma i proizvodnju litijum karbonata.



Slika 4. Podzemni rudnik litijuma Mt Marion u regiji Goldfields Zapadna Australija

² <https://www.mineralresources.com.au/news-media/underground-development-supporting-next-chapter-for-mt-marion/>



Slika 5. Podzemni rudnik litijuma Wolfsberg Project u Carinthia, Austrija, dobio je sve potrebne dozvole za početak proizvodnje u 2025.



Slika 6. Podzemni rudnik litijuma Wolfsberg Project u Carinthia, Austrija, zvaničan početak proizvodnje u 2025.

Uticaj na okoliš podzemne eksploatacije prvenstveno se ogleda u (maloj) mogućnosti slijeganja površine terena uslijed formiranja podzemnih prostorija tj. komora koje se nakon završetka eksploatacije obično zapunjavaju čvrstim ili muljevitim materijalom.

2.3 Kombinovane metode eksploatacije kritičnih mineralnih sirovina

Kombinovane metode eksploatacije u rudarstvu uopšteno primjenjuju se sa ciljem maksimalne iskorištenosti rudnog ležišta, a predstavljaju rudarske operacije koje se odvijaju na dva načina. Prvi način eksploatacije kombinovanom metodom primjenjuje se u slučajevima istovremene primjene metoda površinske i metoda podzemne eksploatacije. Istovremena eksploatacija se, u

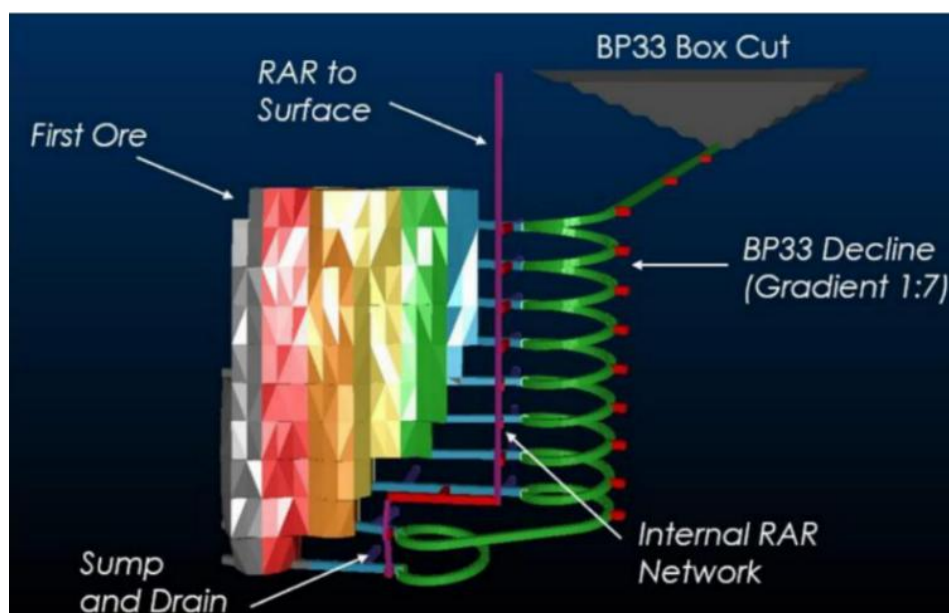
najvećem broju slučajeva, realizuje izradom podzemnih rudarskih prostorija iz prostora kratera aktivnog površinskog kopa, a otvaranje podzemnih prostorija se vrši iz etaža površinskog kopa. Tako se jedan prostorni dio ležišta kritične mineralne sirovine eksploatiše, u najvećem broju slučajeva, sistemom diskontinuirane rudarske mehanizacije (bager kašikar – kamion), a drugi dio istog ležišta, koje je izvan konture površinskog kopa, eksploatiše se jednom od metoda podzemne eksploatacije. U toj koncepciji, izvoz otkopane mineralne sirovine vrši se do izlaza na etažu površinskog kopa gdje je ulaz u ležište, a transport do površine terena se vrši kamionima koristeći transportnu infrastrukturu u konturi kopa – etaže, berme, rampe. Drugi način izvoza otkopane mineralne sirovine je vertikalni transport kroz izgrađeno okno kojim se vagoneti sa utovarenom mineralnom sirovinom izvoze na površinu terena.

Drugi način eksploatacije kombinovanom metodom primjenjuje se u slučajevima završetka površinske eksploatacije sa nastavkom radova metodama podzemne eksploatacije. Završetkom planiranih rudarskih radova na površinskom kopu ostaje krater kopa sa elementima završne konture površinskog kopa. Ukoliko ležište kritične mineralne sirovine nije u cijelosti otkopano (jer se pokazala finansijska i operativna neopravdanost daljeg produbljavanja površinskog kopa), onda se iz dna površinskog kopa ili sa jedne od neradnih etaža, otvara podzemni rudnik. Otvaranje se odvija klasičnim metoda podzemne eksploatacije izradom vertikalnog ulaza tj. okna, sa kasnijim razvojem podzemnih rudarskih prostorija po horizontima. Spuštanjem radova u dubinu moguće je u cijelosti eksploatisati ležište mineralne sirovine. Transport iskopane mineralne sirovine vrši se klasičnim transportnim sredstvima u podzemnim rudnicima (grabuljari, trake, vagoneti, jamski kamioni), a izlaskom u prostor površinskog kopa transport do površine terena se vrši kamionima koristeći transportnu infrastrukturu u konturi kopa – etaže, berme, rampe.

Ruda litijuma u Whabouchi Lithium Mine, Quebec, u Kanadi je eksploatisana metodama površinske eksploatacije od 2020. godine i nakon iskorištenja ležišta površinskim kopom (nakon 25 godina) planirano je otvaranje podzemnog rudnika koji će biti u funkciji još 8 godina.



Slika 7. Whabouchi Lithium Mine površinski kop, Quebec, Kanada



Slika 8. Projekcija prelaska površinske eksploatacije litijuma na podzemnu eksploataciju Whabouchi Lithium Mine – BP33 Box Cut – površinski kop i raspored podzemnih prostorija *sa ulazom u dnu kratera kopa*

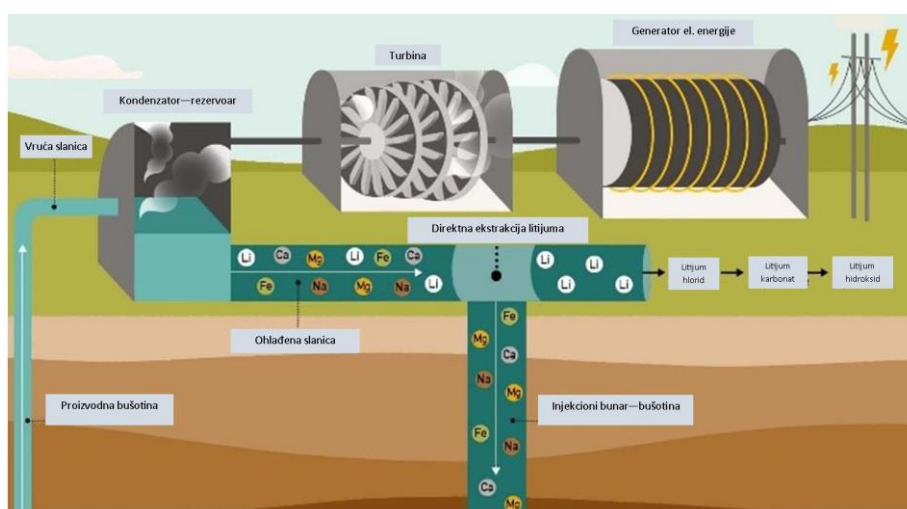


Slika 9. Kombinacija podzemne i površinske eksploatacije sa otvaranjem podzemnih prostorija sa nivoa dna kratera površinskog kopa u Kathleen Valley, Australija

U kombinovanim metodama eksploatacije kritičnih mineralnih sirovina primjenjuju se procesi bušenja, miniranja, kopanja, utovara, transporta, odlaganja i pripreme mineralne sirovine. Uticaj na okoliš kombinacije površinske i podzemne eksploatacije ogleda se u sjedinjenom štetnom uticaju degradacije tla i mogućnosti slijeganja površine terena usljed formiranja podzemnih prostorija. Pored navedenih ključnih štetnih uticaja, prisutni su štetni uticaji uzrokovani bukom, zagađenjem zraka i vode, vibracijama, narušavanje biodiverziteta, uklanjanje infrastrukture radi napredovanja rudarskih radova, pojave klizišta i slično.

2.4 Bušotinska eksploatacije kritičnih mineralnih sirovina

Bušotinska (kontinentalna) eksploatacija karakteriše eksploataciju tečnih i gasovitih mineralnih resursa, gdje se putem pumpnih postrojenja resurs izvlači na površinu terena i transportuje za dalju preradu. Bušotinska eksploatacija je i eksploatacija čvrstih mineralnih sirovina koje se rastvaraju putem tečnog medija i u vidu tekućine izvlače pumpama na površinu terena i transportuju za dalju preradu. Kritične mineralne sirovine, posebno litijum i bor, mogu se eksploatirati bušotinskom eksploatacijom. Proces eksploatacije se odvija bušenjem vertikalne bušotine do ležišta kritične mineralne sirovine, bušenjem povratne vertikalne bušotine do ležišta, cementacija bušotina, izgradnja sistema za injektiranje tj. punjenje bušotine koncentratom reagenasa koji razgrađuju i apsorbiraju litijum i prateće minerale, ugradnja pumpnih sistema za ekstrakciju zasićenog tečnog koncentrata i usmjeravanje koncentrata na dalju pripremu mineralne sirovine. Smatra se da je ovaj način ekstrakcije litijuma najekonomičniji i da je rasprostranjen kao metod u velikom broju država.

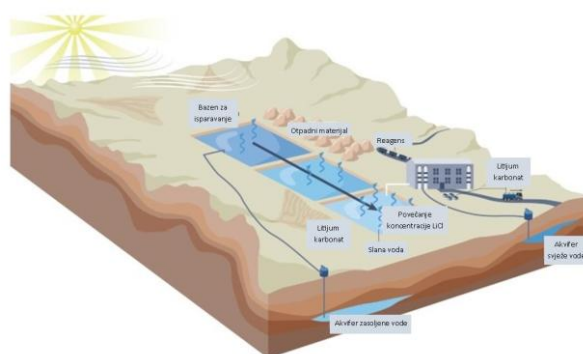


Slika 10. Konceptija bušotinske eksploatacije sa injektiranjem koncentrata



Slika 11. Pumpno postrojenje za injektiranje koncentrata

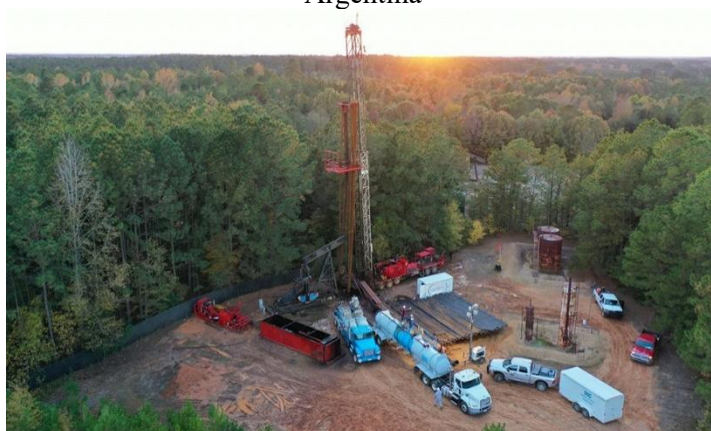
Razvojem tehnike i tehnologije iznalaze se i primjenjuju različite metode eksploatacije kritičnih mineralnih sirovina. Inovativne metode su često eksperimentalnog karaktera, još uvijek nemaju masovnu primjenu i često nemaju dokazanu efikasnost i finansijsku isplativost proizvodnih procesa. Jedna od novih metoda je tzv. „Metoda direktne ekstrakcije litijuma“³, a litijum je upravo element koji se dobija na različite načine, u zavisnosti od prirodnih okolnosti sredine koja sadrži litijum i druge kritične mineralne sirovine. Inovativnost metode primarno se odnosi na korištenje evaporacionih bazena i metoda pripreme mineralne sirovine, ali ne i na osnovne alate – bušotine. Metode ekstrakcije litijuma iz termalnih voda, morske vode, glinovitih naslaga i drugih prirodnih sredina nije predmet ovog rada.



Slika 12. Koncept direktne bušotinske eksploatacije litijuma iz slanih akvifera



Slika 13. Bušotinska direktna eksploatacija litijuma na Kachi Lithium Brine Project kod Catamarca, Argentina



Slika 14. Bušotinska direktna eksploatacija na ležištu The Smackover Formation, Arkanzas, SAD, koji je krečnjački akviFER sa visokom koncentracijom litijuma

³ <https://lithiumharvest.com/knowledge/lithium-extraction/lithium-extraction-methods/>

3. REKULTIVACIJA RUDARSKIH PROSTORA

Uticaj na okoliš bušotinske eksploatacije ogleda se u štetnom djelovanju koncentrata koji sadrži agresivne kiseline koje mogu uticati na kvalitet tla i vode u prostoru eksploatacije ležišta, i to u prostoru ispod bušotina ili minimalno iznad dna bušotine, s obzirom da se bušotine cementiraju čime je onemogućen uticaj koncentrata i kiselina na prostor tla kroz koji prolazi bušotina.

Eliminacija štetnih uticaja eksploatacije ruda litijuma vrši se stalnim monitoringom proizvodnih procesa, prerade i pripreme mineralne sirovine, poštivanjem zakonodavnih okvira i primjenom koncepta održivog razvoja rudnika. Javnost često smatra da eksploatacija ruda litijuma nepovratno devastira okoliš, međutim veliki je broj primjera koji dokazuju suprotno. Uobičajen način rehabilitacije devastiranog ili degradiranog okoliša je planska rekultivacija i prenamjena prostora, kao što je to slučaj površinskog kopa Thacker Pass u Nevadi, kanadsko-američke kompanije Lithium Americas gdje se nakon završetka svake faze eksploatacije litijuma odlagališni i okolni prostor u cijelosti rekultiviše čime dobija novu upotrebnu vrijednost. Konceptija rekultivacije se bazira na popunjavanju kratera prethodno otkopanih prostora nekorisnim rudničkim materijalom koji nastaje u aktivnim površinskim kopovima. U situacijama kad je taj koncept neprimjenjiv, formira se odlagalište koje se nakon završetka rad prvo prekriva zemljanom materijalom pogodnim za rast trave i niskog rastinja, a onda se sije biljni pokrivač.



Slika 15. Rekultivisano odlagalište površinskog kopa Thacker Pass u Nevadi

4. ZAKLJUČAK

Litijum, kao i većina drugih kritičnih mineralnih sirovina, eksploatiše se različitim metodama koje su prisutne u rudarskoj industriji. U primjeni su najčešće metode površinske, podzemne, kombinovane i bušotinske eksploatacije. Svaka od metoda ima svoje varijetete, primarno u izboru tehnike kopanja ili ekstrakcije, primjeni rudarske mehanizacije i izvođenju bušačko-minerskih radova. EU podržava istraživanja i eksploataciju kritičnih mineralnih sirovina u BiH,

a shodno toj strategiji potrebno je usmjeravati i intenzivirati proizvodnju kritičnih mineralnih sirovina u BiH. Intenzivna potreba za litijumom uzrokovala je zabrinutost javnosti s obzirom da se o rudarstvu litijuma govori u negativnoj perspektivi. Eksploatacija ruda litijuma, kao i eksploatacije svake mineralne sirovine, ima negativne uticaje na okoliš, ali te uticaje moguće je efikasno smanjivati i ublažavati:

- primjenom redovnog monitoringa svih rudarskih procesa,
- poštivanjem zakonske regulative,
- primjenom inovativnih tehnika kopanja i ekstrakcije litijuma, prerade i pripreme mineralne sirovine i
- efikasnom rekultivacijom i prenamjenom otkopanih ili degradiranih rudničkih prostora.

LITERATURA

1. Assessment Report 94, Assessment method: Supplementary Environmental Report Finnis Lithium Project BP33 Underground Mine Core Lithium Ltd, april 2022.
2. Atlas Copco Rock Drills AB, Mining Methods in Underground Mining, Second edition, Örebro, Sweden, 2007.
3. European Commission, Study on the Critical Raw Materials for the EU 2023 – Final Report, Brussels, 2023.
4. European Lithium, Wolfsberg Project, European lithium fuelling the green energy revolution, Austria, maj 2022.
5. Knežiček T., Nurić S., Osnove površinske eksploatacije mineralnih sirovina, Tuzla, 2015.
6. Liontown Resources Limited, 2023 AGM Chair Address and Presentation, Australija, novembar 2023.
7. Lithium Power International Limited, ASX saopštenje, Drilling at Greenbushes lithium project, Australia, januar 2023.
8. María L. Vera, Walter R. Torres, Claudia I. Galli, Alexandre Chagnes & Victoria Flexer, Environmental impact of direct lithium extraction from brines, Nature Reviews Earth & Environment volume 4, str. 149–165, 2023.
9. Okubo S. i Yamatomi J., Underground mining methods and equipment, University of Tokyo, Japan, EOLSS On-line Virtual Library (nema datuma)
10. <https://batteriesnews.com/lake-resources-kachi-lithium-brine-project-phase-one-definitive-feasibility-study/>
11. <https://systems.carmeuse.com/en/industries/lithium-extraction/>
12. <https://emag.directindustry.com/2022/11/03/lithium-what-are-the-main-mining-projects-in-europe/>