

PRAĆENJE RUDARSKE EKSPLOATACIJE U CILJU SMANJENJA NEGATIVNOG UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU

Stručni rad
DOI: 10.5937/GU_KORET25021D

Njegoš Dragović¹, Olivera Filić², Dejan Bogdanović³

¹ Metropolitan univerzitet Beograd,
njegos.dragovic@metropolitan.ac.rs, orcid.org/0000-0003-3634-4545

² Nezavisni istraživač, oljafilic595@gmail.com,

³ Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru, Bor,
dbogdanovic@tfbor.bg.ac.rs, orcid.org/0000-0002-4871-4366

Apstrakt: *Srbija ima dugu istoriju rudarstva, dok se ograničene količine javljaju kao smetnje i to najčešće zbog nedovoljnog istraživanja potencijala. Na teritoriji Srbije ima dosta mineralnih resursa, kao što su metali, plemeniti i obojeni. Kroz tri perioda smo posmatrali razvoj rudarstva u Srbiji, od II svetskog rata do 1980-ih godina, od 1990-ih do ranih 2000-ih i od sredine 2000-ih do danas. Izvršena je reonizacija rudarskih eksploatacija u Srbiji na istočni, centralni i južni region. Sve ove segmentacije rudarskih aktivnosti dopirneće praćenju eksploatacija ruda kako bi se smanjio negativni uticaj na životnu sredinu.*

U radu se analiziraju najveći problemi koji utiču na životnu sredinu, sa posebnim osvrtom na južni region, tj. Jugoistočnu Srbiju.

Ključne reči: *mineralne sirovine, rudarstvo, negativni uticaj, životna sredina*

MONITORING OF MINING EXPLOITATION IN AIMS TO DECREASE NEGATIVE IMPACT OF ENVIRONMENT

Abstract: *Serbia has a long history of mining, while limited quantities appear as obstacles, most often due to insufficient exploration of the potential. On the territory of Serbia, there are a lot of mineral resources, such as metals, precious and non-ferrous. We observed the development of mining in Serbia through three periods, from World War II to the 1980s, from the 1990s to the early 2000s, and from the mid-2000s to the present day. Mining operations in Serbia were rezoned into the eastern, central and southern regions. All these segmentations of mining activities will affect the monitoring of ore exploitation in order to reduce negative impact on the environment.*

The paper analyzes the biggest problems affecting the environment, with special reference to the southern region, i.e. Southeast Serbia.

Key words: *mineral raw materials, mining, negative impact, environment*

1. UVOD

Prilikom eksploatacije ruda metala može da dođe do širenja štetnih materija koje bi zagadile okruženje. Mineralne sirovine ispod površine sadrže organska i neorganska jedinjenja, koja prilikom izdvajanja ruda mogu da zagade životnu okolinu. Eksploatacija ruda u podzemnim oknima se odvija u dubini, pri čemu je potrebno obezbeđenje prolaza za radnike, delova šina za prevoz ruda, osvetljavanje, ventilacija, napajanje strujom, odvođenje voda pumpama, ali uz najbolje mašine za iskopavanje i prenos. U međufazama se javljaju situacije kada se neka jedinjenja teških metala mogu naći na terenu, a mešanjem sa vodom se mogu zagaditi rečni tokovi.

Rudarski pogoni i objekti ugrožavaju zemljište, vodu i vazduh (Pavlica i Draškić, 1997). Zemljište se degradira kada postoji površinska i podzemna eksploatacija, odlaganje jalovine, taloženjem štetnih materija iz vazduha u okolini rudnika. Vazduh je ugrožen od povećane zapašenosti usled razaranja u procesu eksploatacije, izdvajanjem štetnih gasova iz iskopine i usled oksidacije, izduvnim gasovima usled rada mehanizacije i sl. Treba raditi na smanjenju i neutraizaciji zagađenja vodotokova štetnim materijama koje nastaju u procesu eksploatacije i pripreme primarne prerade mineralnih sirovina. Jedna od najtežih posledica rudarstva na našim prostorima je zagađenje reka u čijim se slivovima nalaze rudnici.

2. RUDARSTVO U SRBIJI OD 1945 - 2025. GODINE

Analiza rudarske proizvodnje u Republici Srbiji od 1940. do 2025. godine može se podeliti u nekoliko ključnih etapa, koje odražavaju političke, ekonomske i tehnološke promene u zemlji, koja je promenila nekoliko društvenih uređenja, privrednih sistema i otvaranja tržišta.

Etape razvoja rudarske proizvodnje bi mogle da se klasifikuju kroz nekoliko perioda:

1. Period nakon Drugog svetskog rata i socijalističke industrijalizacije (1945-ih do 1980-ih). Ovaj period karakteriše intenzivan razvoj teške industrije i rudarstva u okviru Socijalističke Federativne Republike Jugoslavije (SFRJ). Rudarstvo je bilo strateška grana privrede.

- **Fokus:** Masovna eksploatacija energetskih sirovina (ugalj) i obojenih metala (bakar, olovo, cink).
- **Proizvodnja:** Otvoreni su i modernizovani brojni rudnici, a preduzeća su radila punim kapacitetima.
- **Ključni centri:** Rudarsko-topioničarski basen Bor (RTB Bor) i Trepča na Kosovu i Metohiji su postali giganti jugoslovenskog rudarstva.

2. Period krize i tranzicije (1990-ih do ranih 2000-ih). Ovaj period je karakterističan za razgradnju federalnog sistema SFRJ, koje uključuju ekonomske sankcije, ratne sukobe unutar granica SFRJ/SRJ i politička nestabilnost, koje su ukupno dovele do značajnog pada rudarske proizvodnje.

- **Fokus:** Održavanje minimalne proizvodnje, nedostatak investicija, zastarela oprema.
- **Proizvodnja:** Mnogi rudnici su smanjili obim posla ili su privremeno zatvoreni. Proizvodnja je bila otežana i prekinutim lancima snabdevanja.

3. Period privatizacije i stranih investicija (sredina 2000-ih do danas). Ovaj period obeležava oporavak sektora kroz privatizaciju i dolazak velikih stranih kompanija. Uпитно je ulaganje u mnoge sektore, kao i u rudarstvu te se smatra da je ove prirodne resurse trebalo nacionalizovati, bez prava na privatizaciju stranim kapitalom. Međutim, nakon 2008.godine rudarstvo ponovo postaje važan činilac u povećanju BDP-a Republike Srbije.

- **Fokus:** Modernizacija, primena novih tehnologija, i istraživanje novih ležišta, uključujući projekte litijuma i bora (Rio Tinto, mada trenutno zaustavljen).
- **Proizvodnja:** Kineska kompanija Zijin preuzela je RTB Bor (sada Serbia Zijin Bor Copper), što je dovelo do značajnog povećanja proizvodnje bakra i zlata. Otvaraju se novi rudnici olova i cinka.

3. PROIZVODNJA RUDA I KONCENTRATA

Srbija ima bogatu geološku istoriju, koja je pogodovala za nastanak brojnih rudnih ležišta. Važan preduslov je bila snažna vulkanska aktivnost koja se dogodila u nekoliko navrata pre više miliona godina kada su stvorene ogromne rudonosne zone.

Za rudnike metala je potrebno deset do dvadeset godina od otkrića do otvaranja ležišta za proizvodnju. Mnogi rudnici su napušteni i zatvoreni, a aktivni rudnici su u okolini Bora i Majdanpeka, Velikog Majdana, Grota, Leca, Podvirova. Metalne mineralne sirovine se kopaju na 11 eksploatacionih polja, koje obuhvataju prostor gde su reserve mineralnih sirovina, prostor za smeštaj jalovišta, izgradnju rudarskih i pratećih objekata. Rudarske aktivnosti u Srbiji se sprovode na 305 od odobrenih 549 eksploatacionih polja.

Mineralne sirovine od strateškog značaja za Srbiju uključuju rude bakra i zlata, rude olova i cinka, rude bora i litijuma, kao i ugalj. Metali se obično dele na crne i obojene, unutar kojih postoje teški (bakar, olovo, cink) i laki (aluminijum, magnezijum), kao i plemeniti - zlato, srebro i platina. Ruda gvožđa spada u crne metale i ona se koristi u metalurgiji za proizvodnju njegove legure - čelika. Aktivna proizvodna polja su najbrojnija u oblasti nemetala (pesak, krečnjak, mermer i dr.) i energerskih mineralnih sirovina (ugalj, nafta i gas). Najviše rezervi koje su potvrđene su rude bakra sa pratećim metalima zlata i srebra i to više od milijardu tona, dok je litijuma i bora oko 158 miliona tona.

Država ima suvereno pravo na eksploataciju sopstvenih prirodnih resursa. Ozbiljne privrede, poput Nemačke ili Kine usvojile su strategije o retkim metalima i pronalaženju izvora, tako da ugovaraju osnovne i detaljne sporazume, jer velikim industrijama trebaju kvalitetni metali za proizvodnju mašina, elemenata i konstrukcija. Nezavisne države, koje imaju probleme u finansiranju kapitalnih investicija, sa manjim učešćem ulaganja u rudarstvo i preradi mineralnih sirovina, daju koncesije na određeni period ili prodaju učešće u vlasništvu, stavljaju kapital preduzeća na berze i tako dokapitalizuju velike investicione poduhvate. U rudarstvu se svaka tehnološka inovacija, primena sredstava eksploatacije smatra velikom investicijom, te se u Srbiji najčešće pribegava prodaji rudarskih preduzeća, pri čemu se računa na povećane prihode kroz poreze i doprinose na zarade, ali i uplate rudnih renti.

Srbija može imati posrednu i neposrednu korist od industrije minerala, kako od naknada za korišćenje – rente koje su od 5% cene metala ili koncentrata, tako i od

poreza i doprinosa na zarade. Kao propulzivna grana privrede, rudarstvo donosi čak pet pratećih radnika na jednog u rudniku. Osim zapošljavanja, u budžet Srbije je 2023. godine uplaćeno više od 144 miliona evra na ime naknade za korišćenje resursa i rezervi mineralnih sirovina i naknade za geološka istraživanja. Te godine je zabeležen rast od skoro 13% u odnosu na prethodnu godinu.

3.1 Istočna Srbija (Bor, Veliki Krivelj, Cerovo i Majdanpek)

Danas u sklopu Rudnika bakra Bor posluju dva rudnika sa površinskom eksploatacijom - ležišta Veliki Krivelj i Cerovo, kao i rudnik Jama sa podzemnom eksploatacijom. Kompanija Zidin je u decembru 2018. postala vlasnik 63 % RTB Bor. U sklopu Zidin Srbija su dva pogona za pripremu mineralnih sirovina - flotacije u Boru i susednom selu Krivelju. Takođe, Zidin upravlja i Rudnikom bakra Majdanpek u čijem sastavu su površinski kopovi Južni i Severni revir, kao i flotacija. Oktobra 2021. godine otvoren je rudnik Čukaru Peki, u vlasništvu kineske kompanije, čije su rezerve bakra procenjene na 1,28 miliona tona i 81 tonu zlata.

3.2 Centralna Srbija (Veliki Majdan, Podvirovi i Rudnik)

Mineko kao međunarodni rudarski konglomerat iz Londona je vlasnik tri rudnika u Srbiji. Veliki Majdan blizu Ljubovije preradi 50.000 tona olova i cinka godišnje. Krajem septembra 2006. godine je prodat za 31,6 miliona dinara. Ležište Rudnik blizu Gornjeg Milanovca, ima više od 90 zasebnih rudnih tela u okviru 4,4 kvadratnih kilometara. Mineko poseduje od 2012. ovaj rudnik, gde radi oko 450 ljudi i godišnje prerade 240.000 tona polimetalnih sulfidnih ruda za proizvodnju koncentrata olova, cinka i bakra. Te rude se eksploatišu u Podvirovima, u opštini Bosilegrad, uz procenjene rezerve iznad dva miliona tona.

3.3 Južna Srbija (Lece i Grot)

Rudnik olova i cinka Lece kod Medveđe, ima prateće sirovine kao što su zlato i srebro, od 2008. je u privatnom je vlasništvu šabačke firme Farmakom M.B. Ranije hemijske analize olovnog koncentrata iz rudnika Lece pokazale su da je to, u stvari, najveći rudnik zlata u Evropi. Nakon nekoliko godina rada pod stečajem, krajem 2024. godine Rudnik i flotacija Lece je prodat kompaniji Mediolanum Invest iz Beograda za 34,5 miliona evra. Kod sela Kriva Feja, nalazi se rudnik Grot, u kome se eksploatišu olovo i cink. Rudnik zahvata teritoriju Vranja i Bosilegrada na nekoliko ležišta, među kojim je i Blagodat sa više revira.

4. UGROŽENOST ZEMLJIŠTA, VODE I VAZDUHA

Vreme otpuštanja teških metala iz zagađenih ekosistema iznosi i više stotina godina (Okazaki, et al. 1989), dok se olovo zadrži i do 5.000 godina (Nikolić, 2001). Putem vetrova i kiša, teški metali se raznose i do najudaljenijih mesta (Leita, et al. 1989).[2] Teški metali kada uđu u zemlju mogu usporiti rast i zatrovati biljke, a zbog nerazgradivosti tako negativno utiču na životnu sredinu, da bi većim taloženjem naneli ogromnu štetu po zdravlje ljudi (Wuana and Okieimen, 2011). Bakar i cink su jedan od najvećih opasnih teških metala koji oštećuju jetru, bubrege i centralni nervni sistem, a bakar dovodi do depresije ili raka pluća (Sani et al., 2017).

Flotacijska jalovina, kao siromašniji deo iskopine sadrži značajnu količinu teških metala (Pb, Zn, Cd, As i dr.), tako da pojavom bujica, pukotina u zaštitnim branama ili oštećenja brana usled erozije, štetnost ogleda u dugoročnim posledicama.

Više od 70% rudnika u Srbiji se nalazi u blizini reka, udaljeni od nekoliko metara do desetak kilometara. Posebno su ugrožene reke Ibar, Timok, Pek, Drina, Kolubara, Resava, Južna Morava (Jablanica, Pčinja), a preko njih Sava i Dunav. U neposrednoj blizini ovih reka su staništa sa relativno bogatom florom i faunom, koje trpe posledice zagađenja od strane rudarskih pogona i objekata.

Zagađenja voda počinje od spiranja po površini terena, dekantacijom i infiltracijom zagađenih voda kroz vodopropusno tlo, od jalovišta do rečnih tokova. Upravljanje kvalitetom životne sredine može se vršiti preko parametara koji su vezani za: hemijski sastav vode i tla, biološki diverzitet i estetski izgled predela.

5. STUDIJA SLUČAJA: RUDNIK LECE

Rudnik Lece se nalazi u opštini Medveđa. Na slici 1 prikazana je geološka mapa rudnika Lece u naselju Lece.



Slika 1. Lece, geološka karta

(<https://geogis.rs/galerija/galerija-lidar-arheologija>)

Područje rudnika „Leca“ predstavlja klasičan primer degradacije primarnog reljefa usled eksploatacije rude bakra, olova, cinka, zlata i odlaganje rudne i flotacijske jalovine. Svi navedeni procesi direktno ili indirektno utiču na izmenu opšteg vodnog bilansa i kvalitet podzemnih i površinskih voda u široj i bližoj okolini ležišta.

Intenzivna eksploatacija i prerada rudnih sirovina ima negativan uticaj jer se degradiranju velike površine zemljišta i deponuje velika zapremina čvrstog otpada uz pojavu kisele rudničke vode. Uz ove vode može doći i do dugoročne kontaminacije zemljišta sa kojim rudničke vode dolaze u dodir, tako da se stvaraju joni teških metala, ulivaju rudničke u površinske vode; mešaju rudničke vode sa podzemnim vodama.

Zbog ozbiljnosti problema, u svetu je prisutan trend razvoja novih tehnologija sa minimiziranjem zagađenja u aktivnim i u napuštenim rudnicima, pošto se zagađenje ne završava sa prestankom eksploatacije. S obzirom na ogromne količine odloženih raskrivki i jalovine, periodi izluživanja se mere decenijama nakon završetka rudarskih aktivnosti, kako u rudnicima Srbije, tako i u rudniku „Lece“.

Jalovišne brane se nalaze u selu Gazdaru (Slika 2) i to u nekoliko kaskadnih celina, koji se zalivaju. 2016. godine je na najvišoj koti floacije u selu Gazdare, došlo

do izlivanja vode dok se sumnjalo i na pucanje brane. Bili su angažovani rudari i vatrogasci kako bi sprečili izlivanje vode u Jablanicu.



Slika 2. Brane za jalovište rudnika Lece u selu Gazdare, Medveđa

Usled podzemnih radova, obrade, odlaganja jalovine na jednom prostoru koje je smatrano kao konačno rešenje, došlo je do taloženja štetnih elemenata. Danas ove brane imaju na milione tona jalovine sa ogromnim sadržajem cijanida (CN^-), koji se izliva, odlazeći direktno u reku Jablanicu koja se uliva u Južnu Moravu.

Najizraženiji uticaji na životnu sredinu i ljudsko zdravlje vezuju se za zagađenje vazduha, kontaminaciju površinskih i podzemnih voda, zagađenje rečnih nanosa, zagađenje tla, uticaj buke, degradaciju prirodne okoline, snižavanje nivoa podzemnih voda, pritisak na zaštićena područja, hronična zdravstvena oboljenja. Rekultivacija područja kod kojih je došlo do zagađenja teškim metalima i rudarskim aktivnostima je generalno složena, skupa i iziskuje velika sredstva za ublažavanje posledica.

Kod pojave zagađenja zemljišta, identifikacije zagađenja malog obima i utvrđivanja lokacija područja sa visokim rizikom zagađenja neophodno je koristiti gradske podele za predstavljanje podataka. Rezultati konačne procene uključuju statistiku različitih nivoa rizika u svakom naselju, koji mogu identifikovati distribuciju područja zagađenja i efikasno promovisati upravljanje teškim metalima u tlu (Chen, Y., et al. 2018).

Za predviđanje životnog ciklusa za postupak ispiranja rudnika, otpadnog materijala u različitim odlagalištima, treba vršiti procenu rizika na životnu sredinu. Procene životnog ciklusa (LCA) su alati koji se koriste za kvantifikovanje ekoloških troškova rudarskih projekata. LCA se koristi u retroaktivnom ekološkom merenju rudnika koji funkcionišu. Sortiranje otpada na deponiji umanjuje uticaj na okolinu za 28% sa povećanjem sortiranja otpada u centralnom postrojenju.

6. ZAKLJUČAK

U cilju održivog korišćenja vodnih resursa potrebno je izvršiti sanaciju zagađenih vodotoka i poboljšanje kvaliteta vode. Poseban problem predstavlja i velike količine jalovišta, koje čine ogromne površine fizičkih i hemijskih tretiranih minerala, koje sadrže razne vrste štetnih elemenata, a koje su izložene uticaju atmosferi živog sveta. Posledice mogu biti katastrofalne, a šteta najčešće nenadoknadiiva. Naveden primer u ovom radu - rudnik „Lece“, ima dosta različite načine prilikom eksploataisanja

ruda. Iz tog razloga poslednjih godina, dosta se radi na razvoju sopstvenih tehnologija za pripremu mineralnih sirovina i izgradnji rudničkog kapaciteta prerade.

Razvoj rudarske proizvodnje u bliskoj budućnosti, pratiće jačanje ekološke svesti, sprečavanje posledice rizika i sprovođenje sve strožijih ekoloških normi. Stalni porast troškova zaštite do danas jeste posledica stalnog unapređenja kako zakonske regulative tako i jačanja ekološke svesti.

LITERATURA

- [1] Chen, Y., Jiang, X., Wang, Y., Zhuang, D., 2018. Spatial characteristics of heavy metal pollution and the potential ecological risk of a typical mining area: A case study, in China, Process Safety and Environmental protection 113, 204-219.
- [2] Leita L., M. Nobili, G. Pardini, F. Ferrari, P. Sequi, 1989, Water, air, soil Poll. 48(3i4) 423
- [3] Nikolic D. zaštita zivotne sredine, Rudarsko-Metalurski fakultet Kosovska Mitrovica, 2001.
- [4] Okazaki M., S. Saito, Water, air, soil. Poll. 43 (1989) 265.
- [5] Pavlica Jovo, Dragisa Draskic: "Priprema nemetalicnih mineralnih sirovina" str. 3-7, Rudarsko-Geoloski fakultet, Beogradu, 1997.
- [6] Sani, H.A., Ahmad, M.B., Hussein, M.Z., et al., (2017) Nanocomposite of ZnO with montmorillonite for removal of lead and copper ions from aqueous solutions. Process Saf. Environ. Prot 109, 97-105.
- [7] Wuana, R.A. Okiemen, F.E., 2011. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risk and best available strategies for remediation ISRN Ecol. 2011, 2090-4614.
- [8] Rudarstvo u Srbiji: Koji su aktivni, a koji napušteni rudnici metala, <https://www.bbc.com/serbian/lat/srbija-69354950>
- [9] Katastar rudarskog otpada, <https://kro.mre.gov.rs/jkro>
- [10] GeoGis, <https://geogis.rs/galerija/galerija-lidar-arheologija>