

## RUDARSKE TEHNOLOGIJE I ŽIVOTNA SREDINA

### MINING TECHNOLOGIES AND ENVIRONMENT

**Radoje Pantović, Zoran Marković**

Tehnički fakultet u Boru

**IZVOD:** U radu je dat kratak prikaz potencijalnih opasnosti od zagađenja životne sredine pri eksploataciji i preradi mineralnih sirovina. Navedeni su osnovni principi upravljanja kvalitetom životne sredine. Ukazano je na trend donošenja novih pravnih normi (legislation), sprovođenja ekoloških standarda i porasta troškova zaštite životne sredine koji padaju na teret rudarske proizvodnje.

Ključne reči: rudarski otpad, zaštita životne sredine, troškovi

*ABSTRACT: This work gives a short review of probable dangers of environment pollution during the mining and processing ore. The basic principles of quality of environmental management are shown, too. The trend of new legislation is given, using of ecological norms, and increasing of protection of environment cost which additionally loads mining productivity.*

*Key words: mining waste, environmental management, costs*

### UVOD

Ubrzani tehnološki razvoj posle drugog svetskog rata zahtevao je porast rudarske proizvodnje, koju su pratile sve prljavije tehnologije. Od šezdesetih godina prošlog veka javljaju se volonterske aktivnosti na sprovođenju kontrole i utvrđivanja zagađenja vode i vazduha, posebno u velikim industrijskim i rudarskim oblastima.

U svim fazama rudarske proizvodnje javlja se rudarskog otpada, koji predstavlja nekorisni produkt eksploatacije i pripreme rude, koji se trajno skladišti na jalovištima. Ovaj otpad ima različite fizičke i hemijske karakteristike, usled čega postoje i različite potencijalne mogućnosti zagađenja okoline.

### OBLICI RUDARSKOG OTPADA I ZAGAĐENJE OKOLINE

Količine rudarskog otpada zavise od vrste mineralne sirovine i tehnoloških mogućnosti koje se koriste u procesima eksploatacije, skladištenja i pripreme rude i odlaganja jalovine. Rudarski otpad globalno može da se podeli na: rudarsku jalovinu, koja se od rude odvaja tokom eksploatacije i skladišta na odgovarajućim jalovištima; i jalovinu koja se od mineralne sirovine odvaja tokom njenog obogaćivanja (flotacijska jalovina, i td)

Zbog velikih količina raskrivke količine jalovine posebno su velike pri površinskoj eksploataciji. Rudarska jalovina iz podzemnih rudnika vezana je za izradu prostorija otvaranja i razrade ležišta.

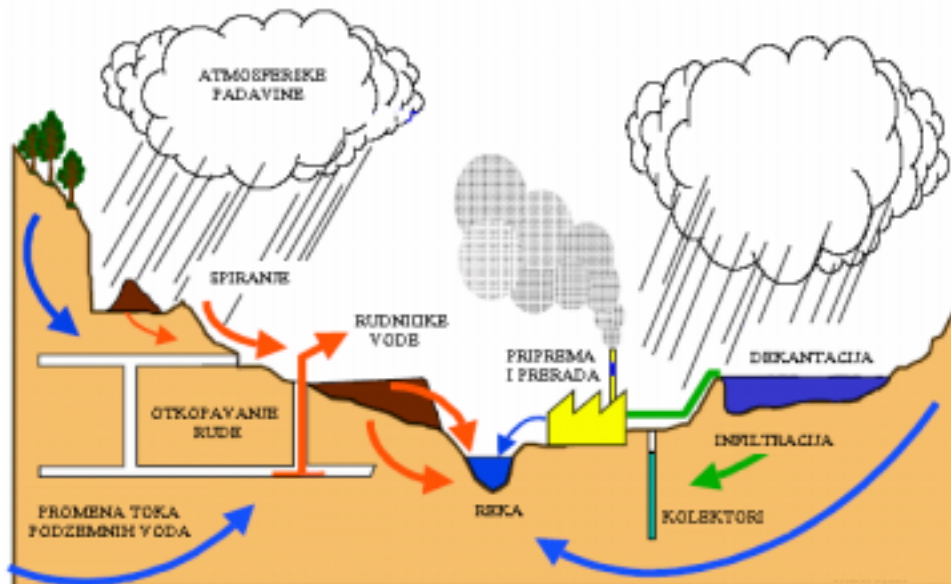
Zavisno od vrste mineralne sirovine i primenjene tehnologije (flotacija, luženje, itd) u procesima pripreme i obogaćivanja, nastaje određena količina zagađenog materijala ko što su: vodeni rastvori cijanida i paste finih čestica stene koje su pretrpele više fizičkih i/ili hemijskih tretmana i u kojima se najčešće nalaze različiti hemijski dodaci koji se koriste u procesima obogaćivanja (ksantati, razne soli, škrob i sl.). Ovaj otpad se obično odlaže u posebna taložna jalovišta.

Ostatak stenske mase, koji nastaje pri eksploataciji i preradi mineralne sirovine, a koji se može iskoristiti za rekultivaciju terena i restauraciju prostora (zapunjavanje površinskog kopa

---

u Boru jalovinom sa površinskog kopa Veliki Krivelj), ili za zapunjavanje praznih otkopnih prostora u podzemnim rudnicima (rudno telo Brezonik u jami Bor), ne treba smatrati rudarskim otpadom. Taj ostatak stenskih masa može se u povoljnim uslovima ustupiti ili čak prodati drugim korisnicima.

Na slici 1 prikazan je tok zagađenja voda, počev od spiranja zagađenja po površini terena, dekantacijom i infiltracijom zagađenih voda kroz vodopropusno tlo, od jalovišta do rečnih tokova.



Slika 1: Tokovi zagađenja pri eksploataciji i preradi rude

Upravljanje kvalitetom životne sredine može se vršiti preko parametara koji su vezani za: hemijski sastav vode i tla, biološki diverzitet, estetski izgled predela /1/.

Radi utvrđivanja uticaja rudarske proizvodnje na životnu sredinu neophodno je:

- svaki uticajni faktor izraziti kvantitativno preko odgovarajućih parametara (pH, sadržaj metala, sadržaj supstanci u suspenzijama, mere biološke raznovrsnosti)
- utvrđene vrednosti parametara treba uporediti sa što je moguće preciznijim podacima o životnoj sredini pre početka rada rudnika.

Posledice zagađenja treba porediti sa neophodnim kvalitetom životne sredine u ugroženim zonama a ne sa ekološkom situacijom pre početka rada rudnika.

Važno je da se različiti uticaji rudarske proizvodnje na zagađenje okoline rangiraju prema njihovom stvarnom značaju. Štetni uticaji na okolinu mogu da se vrednuju kroz vreme, a mogućnosti njihovog tretiranja treba razmatrati po različitim fazama procesa otkopavanja. S obzirom na obim i vreme primene mere zaštite mogu biti: preventivne, sanacione i specifično ograničene.

Najznačajniji problemi zaštite životne sredine od rudarskog otpada vezani su za: projektovanje i analizu stabilnosti rudničkih i flotacijskih jalovišta, upravljanje i prečišćavanje otpadnih voda i rekultivaciju degradiranih terena. Istraživanja i razvoj programa zaštite životne sredine, za različite metode upravljanja rudarskim otpadom uključuju i uvođenje reciklaže.

## CENA ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE

Veličina troškova zaštite životne sredine, od zagađenja pri rudarskoj proizvodnji, zavisi od kapaciteta proizvodnje, vrste mineralne sirovine, klimatskih i geohemijskih uslova eksploatacije i prerade, ali pre svega od zakonom propisanih obaveza u oblasti ekologije. Navedeni troškovi mogu da se iskažu u apsolutnim iznosima po jediničnoj meri proizvodnje, ili procentualno u odnosu na ukupne troškove dobijanja mineralne sirovine.

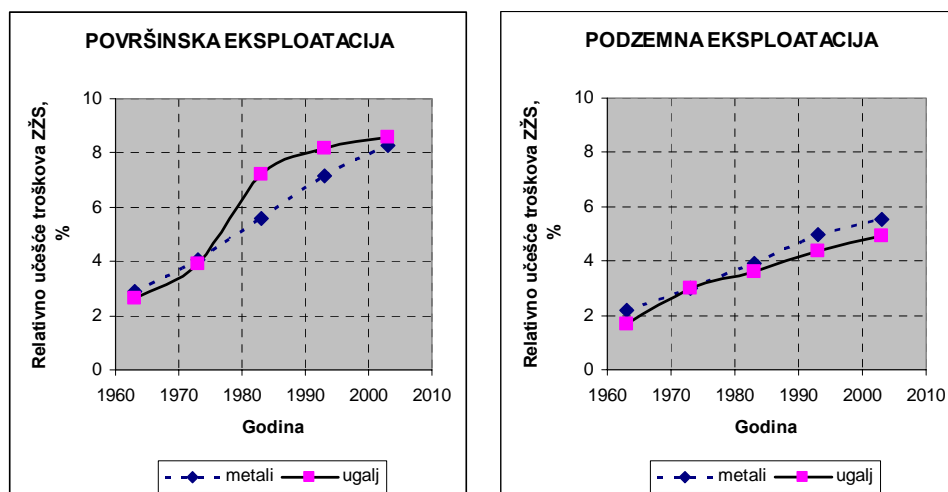
S obzirom da će rudarska preduzeća u skorijoj budućnosti biti prinuđena da poštuju ekološke norme i odgovarajuću zakonsku regulativu, koja se odnosi na zaštitu životne sredine, troškovi dobijanja mineralnih sirovina u budućoj eksploataciji, moraju obuhvatiti i troškove koji su vezani za zaštitu životne sredine /2/.

Troškovi zaštite životne sredine mogu uslovno da se razdvoje u dve kategorije /3/:

*Kategorija A:* Stalni dnevni troškovi koji se pokrivaju iz osnovnog fonda zaštite životne sredine obuhvataju troškove: plata osoblja i rada posebnih odeljenja u okviru rudarskih preduzeća koja se bave zaštitom životne sredine (zasada kod nas ne postoje jasno odvojeni delovi rudarskih preduzeća, koji se bave samo ekološkim problemima), održavanja i monitoringa jalovišta i tretmana otpadnih voda, koje se mogu koristiti u zatvorenom ciklusu, upravljanja procesima oticanja, erozije terena i taloženja, smanjenja emisije prašine (kamionski putevi, postrojenja za drobljenje), čišćenja radnog prostora.

*Kategorija B:* Ovi troškovi su vezani za ispunjavanje ekoloških zahteva za dobijanje odobrenja za obavljane posla. Pored toga u ovu kategoriju spadaju troškovi: obrazovanja i usavršavanja kadrova za zaštitu životne sredine, rekultivacije terena (obnavljanje reljefa i živog sveta), kontrole i monitoringa kvaliteta voda, vazduha i živog sveta u okolini rudnika, zaštite od rastura toksičnih materija, ekoloških pregleda i porezi.

U poslednjih 50 godina zapaža se trend stalnog porasta sredstava koja rudarska preduzeća izdvajaju za zaštitu životne sredine /3/. Udeo ovih troškova u odnosu na ukupne troškove dobijanja mineralnih sirovina sve je veći. Na slici 2 prikazana je promena prosečnog učešća troškova zaštite životne sredine, kod aktivnih rudnika u SAD-u, u odnosu na ukupne operativne troškove eksploatacije i pripreme mineralnih sirovina.



Slika 2: Promena udela troškova zaštite životne sredine u odnosu na ukupne troškove eksploatacije i pripreme metaličnih mineralnih sirovina i uglja

Tokom šezdesetih godina troškovi su bili uglavnom vezani za kategoriju A. Donošenjem zakona o: konzervaciji rudnika i reciklaži, zaštiti voda i vazduha, rekultivaciji površinskih kopova, nadoknadama šteta usled zagađenja; od sedamdesetih godina u SAD-u, sve više rastu troškovi iz kategorije B. Trend porasta troškova zaštite životne sredine nije posledica dobre volje vlasnika rudnika, već pravno uređenih odnosa između rudarskih preduzeća i države.

Može se uočiti da su troškovi relativno viši pri površinskoj eksploataciji. Objašnjenje za ovo može biti u znatno višim ukupnim troškovima podzemne eksploatacije po toni dobijene rude. Sa druge strane, pri površinskoj eksploataciji, degradacija površine terena i zagađenje životne sredine znatno su izraženiji.

Interesantno je zapaziti da je u periodu 1973-1983 došlo do izrazitog porasta troškova zaštite životne sredine na površinskim kopovima uglja. Ovaj porast bio je direktna posledica primene zakona o rekultivaciji degradiranih površina, koji je donet 1977 godine.

Utvrđivanje trenda porasta izdvajanja za ekološke potrebe, kako u fazi projektovanja tako i u fazi rada rudnika, predstavlja veliku odgovornost, jer ovi troškovi mogu da budu presudni za profitabilnost rudnika.

Zbog sve većeg "ekološkog" opterećenja rudnika u razvijenim zemljama, došlo je do smanjenja njihovog profita. Tragajući za prostorima koji obezbeđuju nisku cenu rada i neobavezno izdvajanje sredstava za zaštitu životne sredine, velike kompanije su počele da premeštaju prljave tehnologije i rudarsku proizvodnju iz razvijenih u nerazvijene zemlje, pre svega južnoameričke i azijske zemlje.

## **ZAKLJUČAK**

Održivi razvoj rudarske proizvodnje u bliskoj budućnosti, pratiće jačanje ekološke svesti, razvoj ekoloških volonterskih aktivnosti i sprovođenja sve strožijih ekoloških normi. Stalni porast troškova zaštite do danas posledica je stalnog unapređenja kako zakonske regulative tako i opšte ekološke svesti.

Sa eventualnim ulaskom naše zemlje u Evropsku Uniju rudarska preduzeća će morati da poštuju ekološke standarde i odgovarajuću zakonsku regulativu, koja će biti uskladjena sa evropskim zakonodavstvom u oblasti zaštite životne sredine. Na ovaj način stanovništvo u rudarskim mestima biće zaštićeno od postojećih izvora zagađenja i uvoza prljavih tehnologija. Za rudarska preduzeća, koja se ionako nalaze u teškoj situaciji, to će biti dodatno finansijsko opterećenje a možda i presudni faktor za njihovo zatvaranje.

Globalno gledano rudarska preduzeća će sama morati da se okrenu ka čistijim tehnologijama kako bi se rasteretile pomenutih stalno rastućih troškova zaštite životne sredine.

## **LITERATURA**

1. European Commission, Co-ordination by P. Charbonnier, Management of Mining, Quarrying and Ore-Processing Waste in The European Union, Study made for DG Environment, BRGM/RP-50319-FR, Dec. 2001
  2. М. А. Бурштейн, Производственный менеджмент на горном предприятии, Издательство МГТУ, Москва, 1988
  3. T. E. Wilson, T. M. Dyhr, Cost trends – environmental management of mine operations, SME Annual Meeting, Denver, Feb. 23-25, 2004
-