



YU ISSN 1451-0162

UDC 622

mines engineering

RUDARSKI RADOVI

1/2007

komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina

UDK: 550.8.01:552.685(045)=861

*M. Maksimović, M. Jovanović, G. Pačkovski**

PROJEKTNA REŠENJA GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA KVARCITA NA PODRUČJU KAONA

PROJECT SOLUTIONS TO GEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF QARTZITE AT KAONA LOCATION

Izvod

Osnovni cilj geoloških istraživanja područja Kaona je provera podataka dobijenih dosadašnjim istraživanjem uočenih izdanaka na površini terena.

Ovim geološkim istraživanjima bi se, poštujući osnovne geološke principe, ocenila potencijalnost područja Kaona u pogledu pronalaženja ležišta kvarcita koji bi kvalitetom zadovoljio propisane standarde njegove primene u: vatrostalnoj industriji, hemijskoj (za dobijanje materijala otpornih na kiseline), metalurgiji.

Ključne reči: *gološko istraživanje, koncepcija istraživanja, metodologija istraživanja.*

Abstract

Basic aim of geological investigations for Kaona the results checking from earlier investigation period of outcrops at the surface of terram.

With this geological investigations and basic geological principle (law) we could got estimate the potential for Kaona location like quartzite deposit. Quality of quartzite (from the Kaona deposit) could be ready for use in chemical industry, metallurgy and fireproof industry.

Key words: *Geological investigation, investigation concept, investigation methodology*

UVOD

Istražni prostor u geološkom pogledu se nalazi na listu Kladurovo (L-34-128-Ca) razmere 1:25.000. Teritorijalno, kvarciti (kvarcni metakonglomerati) pripadaju S.O. Kučevo (sl 1.).

Istražni prostor se nalazi u istočnoj Srbiji, oko 15 km zapadno od Kučeva kome

administrativno i pripada. Istražni prostor Kaone, uži lokalitet „Kornjica“, nalazi se na 5 km udaljenosti od magistralnog puta prvog reda Majdanpek-Beograd. Istraživani teren zahvata površinu oko 0,41 km². Dužina istraživanog prostora iznosi oko 1,2 km dok je širina oko 200-300 m.

* Miroslava Maksimović, dipl.inž.geol; Milenko Jovanović, dipl.inž.geol;
Goran Pačkovski, dipl.inž.geol., Institut za bakar Bor



a



b

Sl. 1. Panoramski snimak izdanka kvarcita (a i b)

PROBLEMATIKA KOJU TREBA REŠAVATI GEOLOŠKIM ISTRAŽIVANJIMA

Polazeći od rezultata dosadašnjih istraživanja, može se zaključiti da je stepen istraženosti kvarcita na lokalitetu Kaone nizak.

Problematika koju treba rešavati geološkim istraživanjima ogleda se u sledećem:

- definisati geološke karakteristike istražnog prostora;
- definisati strukturni sklop šire okoline i samog ležišta;
- definisati veličine i složenosti oblika ležišta (oblik ležišta, uslove zaleganje ležišta);
- definisati konturu ležišta;
- utvrditi kvalitet mineralne sirovine (udeo korisne i štetnih komponenti);
- definisati fizičko-mehaničke karakteristike kvarcita;
- izvršiti mineraloško – petrološka ispitivanja;
- izvršiti tehnološka ispitivanja mogućnosti primene kvarcita;
- analizirati faktore i pokazatelje geološko-ekonomske ocene karakteristične za prethodna istraživanja, (metalogenetskih, geoloških, tehničko - eksploatacionih, tehnoloških, tržišnih, regionalnih i socijalno-ekonomskih faktora i odgovarajućih pokazatelja) na osnovu kojih se klasifikuju i kategorišu ležišta mineralnih sirovina.

USLOVI ISTRAŽIVANJA

U toku geoloških istraživanja ležišta kvarcita Kaona, primeniće se kompleksne metode istraživanja. One obuhvataju sledeće radove: geodetske, geološke, istražno bušenje, rudarske radove (izrada probne etaže), studijska ispitivanja, laboratorijska i tehnološka ispitivanja u laboratorijskom obimu.

Istraživaće se na terenima u periodu mart– novembar, kako bi se izbegli zimski meseci u kojima je istraživanje otežano zbog visokog snežnog pokrivača, velikih mrazeva i jakog vetra, koji utiču na režim i mogućnost bušenja. U zimskom periodu vršiće se sistematizacija dobijenih podataka, izrada Elaborata o izvršenim geološkim istraživanjima i Elaborata o rezervama kvarcita, kao i studijska ispitivanja koja se odnose za dalja istraživanja.

OČEKIVANI REZULTATI

U ovoj fazi istraživanja, osim geološko - ekonomske ocene radova putem prirodnih pokazatelja, vršiće se ocena i delom vrednosnih pokazatelja od čije veličine zavisi odluka da li će se nastaviti sa daljim istraživanjima. Ovim istraživanjima utvrdiće se geološke karakteristike i morfološka obeležja ležišta, rezerve C1 kategorije, delom B-kategorije, dok će se sistematskim oprobavanjem radova utvrditi srednji sadržaj korisnih i štetnih komponenti, kao i glavna tehnološka svojstva mineralne sirovine za njenu pripremu, pre-

radu i primenu, u laboratorijskom i poluin-
dustrijskom obimu ispitivanja. Na osnovu
rezultata projektovanih radova, odrediće se
opšti uslovi buduće eksploatacije, sistem i
metoda eksploatacije. Od vrednosnih poka-
zatelja približno će se oceniti kapacitet povr-
šinskog kopa, troškovi eksploatacije po 1 t
otkopane mineralne sirovine, ukupna i spe-
cifična ulaganja potrebna za izgradnju rud-
nika, cenu koštanja jedinice proizvedene
mineralne sirovine.

Rezerve kvarcita Kaone procenjene su
na 70.000.000 tona, kategorije C2, gde su
kvarciti izgrađeni od slojeva konglomerata
i kompaktnih, belih kvarcita koji se više-
struko preslojavaju. Debljina slojeva kon-
glomerata, odnosno čistih kvarcita je od 30
do 40 m, što bi omogućavalo selektivnu
eksploataciju. Ispitivanja kvaliteta su po-
kazala da sirovina u ukupnoj masi, uglav-
nom, zadovoljava zahteve vatrostalne in-
dustrije (za proizvodnju dinasa) i metalur-
gije (topitelj), kao i za proizvodnju fero-
silicijuma. Međutim, postoje realni izgle-
di da se kompaktni kvarciti, kao kvalite-
tnija sirovina, mogu koristiti za dobijanje
silicijum-metalna, odnosno za silumine.

ISTORIJA ISTRAŽIVANJA

Geološki istražni radovi koji su se iz-
vodili na području Kaone od 1988. do
1989. god. pripadali su osnovnim geolo-
škim istraživanjima. Uglavnom su vršeni
geološki radovi koji su se odnosili na iz-
radu geoloških karata sitnijih razmera
(1:10.000). Na lokalitetu Kaona primenje-
na je i detaljna geološka prospekcija
površine 2 km², na osnovu čega je urađena
geološka karta razmera 1:2.500.

Sistematska ispitivanja regionalnog kara-
ktera obuhvatila su: rekognosciranje i geo-
loško kartiranje terena radi izrade geološke
karte 1:10.000. Pri geološkom kartiranju
uzimani su uzorci za mineraloško-petrološka

ispitivanja, kao i za laboratorijska ispitivanja
hemijskog sastava kvarcita.

OBIM I GUSTINA ISTRAŽIVANJA

Geološkim istraživanjima od 1988. do
1989. god. ustanovljeno je da se radi o
seriji kvarcita debljine i do 150 m, u vidu
paketa (slojeva) čiji se kvalitet mikroskopski
razlikuje po kompaktnosti, debljini,
granulometrijskom sastavu itd. Naime radi
se o metakonglomeratima koji su u pojed-
inim paketima kompaktni, jedri, bele boje,
dok drugi paketi koji naležu preko pre-
thodno pomenutih, ili leže ispod njih,
imaju jasno izražen granulometrijski sastav
cementovan kvarcno-sericitskim vezivom.
Oprobavanjem izdanaka potvrđuje se geo-
loški sastav da su najbolje izbeljene, kom-
paktne serije najzastupljenije u jugozapad-
nom delu terena. Prospekcijom terena
1989. god. utvrđeni su:

Tipovi kvarcnih metakonglomerata i
njihove petrološke karakteristike:

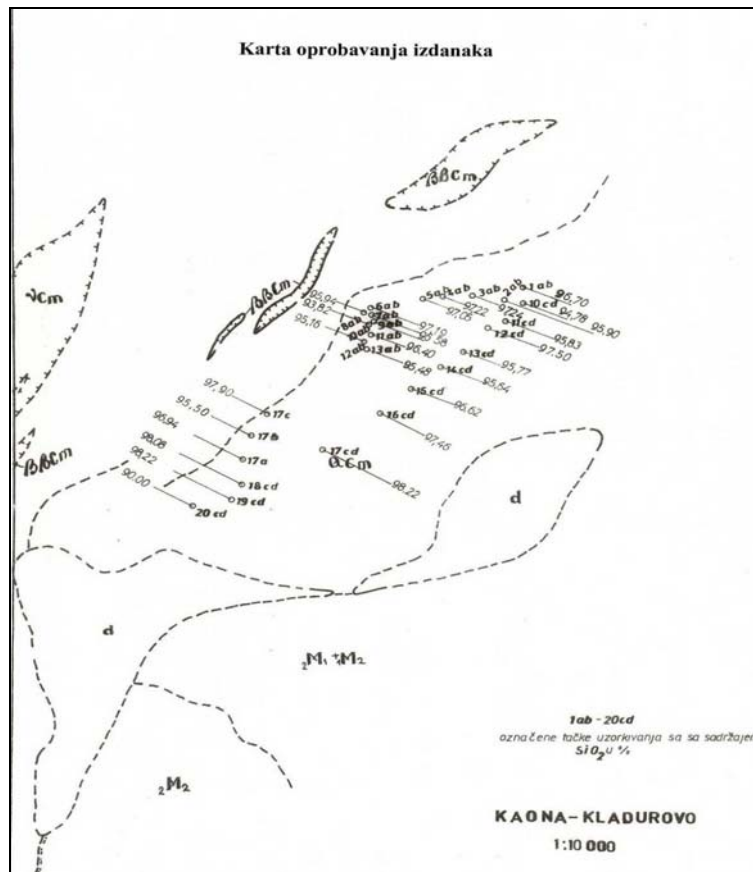
- svežina i kompaktnost;
- mehaničke deformacije i izmene;
- sistemi pukotina i prslina koji su
dati na strukturnoj karti razmere
1:2.500.

Laboratorijska ispitivanja uzoraka sa
mnogobrojnih izdanaka vršena su na: SiO₂,
K₂O, Na₂O, Cr₂O, TiO₂, Fe₂O₃, Al₂O₃, CaO,
MgO.

Mineraloško - petrološka ispitivanja
izvršena su na 34 uzorka koji dokazuju
dobre osobine kvarc-metakonglomerata.

Šematski prikaz mesta uzimanja uzo-
raka iz izdanaka prikazan je na slici 2.

Obim i vrsta, kao i gustina primenjenih
istražnih radova nisu zadovoljavajući, da
bi se govorilo o rezervama viših kategorija
na kojima se bazira buduća eksploatacija.



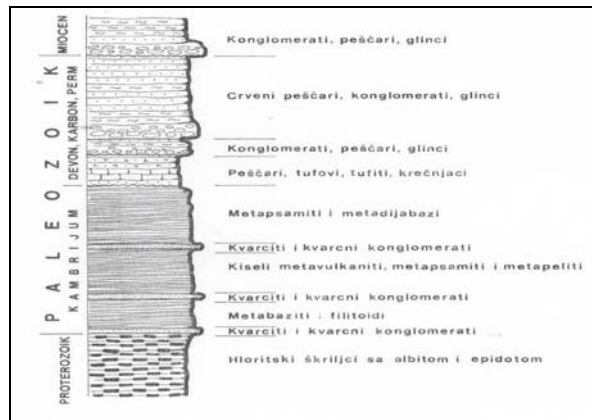
SI. 2. Šematski prikaz karte oprobavanja sa rezultatima hemijskih analiza na SiO_2

GEOLOŠKA GRAĐA ŠIRE OKOLINE LEŽIŠTA

Područje terena koje se nalazi na delu lista Kladurovo „2“ (1:10.000) izgrađeno je, uglavnom, od kristalastih škriljaca u okviru koga su smešteni kvarcni metakonglomerati. Jugoistočne i jugozapadne delove ovoga terena čine sedimentne tvorevine miocenske starosti.

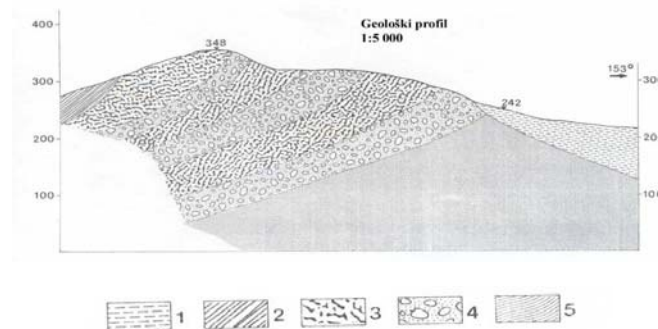
Ležište kvarcita i kvarcnih konglomerata Kaona nalazi se na samom čelu navlačenja proterozojskih i staropaleozojskih kompleksa Moravske zone preko mezozojskih tvorevina golubačko-gornjačke strukturne jedinice. Ako izuzmemo mezozojske

sedimente istočnije od Kaone, a oni u našem slučaju predstavljaju samo podlogu na koju su navučeni vend-kambrijske formacije, onda je geološka situacija prilično jednostavna. O jedinstvu i neprekidnosti vulkanogeno-sedimentne serije gornjeg proterozoika (Venda) i kambrije pisano je detaljnije u studiji o Blagojevom Kamenu (Petković i dr., 1989). U slučaju Kaone to je još očiglednije (slika 4): preko hloritskih škriljaca najviših horizonata venda (Sep), direktno se nastavljaju kambrijski metabaziti i filitoidi (Fab), metavulkaniti, metapeliti i metapsamiti (Sab) i metadijabazi (Sq).



Sl. 3. Geološki stub Kaone razmere 1:20 000

Između navedenih serija nalaze se kvarciti i kvarcni konglomerati relativno male debljine (nekoliko desetina metara), koji su poslužili kao reperi za razdvajanje pojedinih članova kambrijske serije, ali i vendeda od kambrije (slika 3 i 4.).



Legenda:

1. Konglomerati, peščari i glinci, 2. Crveni peščari, konglomerati i glinci, 3. Metabaziti i filitoidi, 4. Kvarciti i kvarcni konglomerati, 5. Hloritsko-albitsko-epidotski škrljci

Sl. 4. Geološki profil ležišta

PROJEKTNA REŠENJA PROCESA GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA

Na osnovu analize i sinteze dosadašnjih istraživanja i literaturnih podataka definisani su koncepcija i metodologija istraživanja u 2007. godini.

KONCEPCIJA ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj geoloških istraživanja kvarcita (kvarcni metakonglomerata) Kaone je da se, u skladu sa prikupljenim podacima o rezultatima dosadašnjih istraživanja, izaberu

optimalna projektna rešenja (vrsta i obim radova) za predstojeća istraživanja tokom 2007.godine.

U ovoj fazi istraživanja, osim geološko-ekonomske ocene radova preko naturalnih pokazatelja, oceniće se i deo vrednosnih pokazatelja od čije veličine zavisi i odluka da li će se nastaviti sa daljim istraživanjima. Realizacijom ovih istraživanja utvrdiće se geološke karakteristike i morfološka obeležja ležišta, rezerve C₁ kategorije, delom B-kategorije; dok će se

sistematskim oprobavanjem radova utvrditi srednji sadržaj korisnih i štetnih komponenti, kao i glavna tehnološka svojstva mineralne sirovine za njenu pripremu, preradu i primenu, u laboratorijskom i poluindustrijskom obimu ispitivanja. Na osnovu rezultata projektovanih radova, određiće se opšti uslovi buduće eksploatacije, sistem i metoda eksploatacije. Od vrednosnih pokazatelja približno će se oceniti kapacitet površinskog kopa, troškovi eksploatacije po 1 t otkopane mineralne sirovine, ukupna i specifična ulaganja potrebna za izgradnju rudnika, cena koštanja jedinice proizvedene mineralne sirovine.

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Geološkim istraživanjem u 2007. godini primeniće se kompleksne metode istraživanja koje obuhvataju sledeće radove: geodetske i geološke radove, istražno bušenje, rudarske radove (izrada probne etaže), studijska ispitivanja, laboratorijska i tehnološka ispitivanja u laboratorijskom obimu. Geološko istraživanje biće praćeno geološkim kartiranjem i oprobavanjem jezgra bušotina radi ispitivanja kvaliteta i mogućnosti upotrebe mineralne sirovine; uzimanjem uzoraka za mineraloško - petrološka ispitivanja; geomehaničkim ispitivanjima, radi sagledavanja mogućnosti eksploatacije mineralne sirovine. Ispitivanje kvaliteta obuhvata uzimanje proba mineralne sirovine za hemijska i tehnološka ispitivanja.

Istražno dubinsko bušenje obaviće se u dve faze. U prvoj fazi bušiće se po ređoj mreži. Na osnovu rezultata istraživanja prve faze pogustiće se mreža istražnih radova bušenjem bušotina druge faze. U toku realizacije projekta istraživanja primeniće se sledeće metode i vrste istražnih radova:

- geodetski radovi,
- geološki radovi,
- istražno dubinsko bušenje,
- rudarski radovi,
- inženjersko –geološka istraživanja,
- laboratorijska ispitivanja,

- mineraloško-petrološka ispitivanja,
- tehnološka ispitivanja,
- hidrogeološka istraživanja.

GEODETSKI RADOVI

Pre početka bušenja određiće se, na terenu, tačke projektovanih istražnih bušotina (koordinate, nagib i dužina projektovanih bušotina). Nakon bušenja snimiće se koordinate bušotina.

GEOLOŠKI RADOVI

Predviđeni geološki radovi obuhvataju:

- rekognosciranje terena;
- izradu projekta geoloških istraživanja;
- geološko kartiranje probne etaže;
- geološko kartiranje jezgra bušotine,
- oprobavanje jezgra bušotine za hemijska i tehnološka ispitivanja;
- uzimanje uzoraka za mineraloško –petrološka ispitivanja;
- interpretaciju rezultata istraživanja, izradu grafičke i prateće dokumentacije i proračun rezervi mineralne sirovine;
- izradu periodičnog (kvartalnog) izveštaja i Elaborata o geološkim istraživanjima
- izradu Elaborata o rezervama kvarcita.

Rekognosciranje terena

Rekognosciranje terena je preliminarni obilazak terena radi upoznavanja geološke građe i dobijanja opšteg uvida u tvorevine koje su na terenu razvijene. Pri rekognosciranju teren će se prelaziti relativno retkim maršutama, uz detaljnije ispitivanje izdanaka.

Izrada projekta geoloških istraživanja

Projekat geoloških istraživanja kvarcita na području Kaone izrađuje se radi dobijanja istražnog prava za istražni prostor, ograničen tačkama A, B, C, D, E, F, G, sa

ciljem utvrđivanja rezervi i kvaliteta date mineralne sirovine.

Geološko kartiranje probne etaže

Geološkim kartiranjem probne etaže površinskog kopa moguće je uočiti bitne geološke karakteristike kvarcita i okolnih stena, u cilju sagledavanja i interpretacije geologije pojedinih delova ležišta.

U okviru geološkog kartiranja probne etaže, vršiće se oprobavanje metodom grube brazde, za hemijska i tehnološka ispitivanja u laboratorijskom i poluindustrijskom obimu, kao i uzimanje uzoraka za mineraloško - petrološka ispitivanja.

Geološko kartiranje i oprobavanje jezgra bušotine

Jezgro dobijeno pri bušenju reda se u sanduke dužime 1 m, širine 60-70 cm. Kartiranjem jezgra bušotine vrši se i njegovo makroskopsko opisivanje. Makroskopsko opisivanje jezgra podrazumeva određivanje vrste stena, strukturno-teksturnih osobina stena, materijala, mineralizacije, tektonskog sklopa i drugih geoloških karakteristika.

Geološki podaci dobijeni kartiranjem jezgra bušotine beleže se u dnevnik kartiranja. Osim geoloških podataka, u dnevnik kartiranja unose se i drugi podaci: broj bušotine, lokacija, rudno telo, koordinate bušotine, promer jezgra, azimut i ugao bušenja, dužina bušotine i procenat izvađenog jezgra. Pri geološkom kartiranju jezgra bušotine veoma je važno sistematsko uzimanje proba za: mikroskopiju (petrografsku), geomehanička ispitivanja, ispitivanje kvaliteta mineralne sirovine, tehnološka i druga ispitivanja.

Oprobavanje jezgra bušotine

Kvalitet mineralne sirovine ispitivaće se oprobavanjem jezgra svake pojedinačne bušotine. Procenat izvađenog jezgra svake pojedinačne bušotine, treba da bude veći od 75 %, što dozvoljava određivanje kvaliteta samo na osnovu oprobavanja jezgra, a ne i isplake.

Proba za hemijska ispitivanja obrađivaće se na taj način što će se uzimati celokupan materijal jezgra, dužine 2 m. Takve probe imaće pojedinačnu masu od 8,5 do 17,5 kg, zavisno od prečnika jezgra. Tako dobijena proba biće podvrgnuta procesu obrade koji podrazumeva: usitnjavanje (drobljenje i mlevenje), klasiranje (rešetanje i prosejavanje), homogenizaciju i skraćivanje materijala probe, radi njegove pripreme za laboratorijske hemijske analize i tehnološka ispitivanja.

U prvoj fazi istraživanja ukupno će se uzeti 400 pojedinačnih proba, od čega će biti formirano 40 kompozitnih proba. U drugoj fazi uzeće se 240 proba, dok će biti formirano 24 kompozitne probe.

U toku kartiranja jezgra bušotine uzimaće se i uzorci za mineraloško - petrološka ispitivanja. Ukupan broj uzetih uzoraka za mineraloško - petrološka ispitivanja je 16.

ISTRAŽNO DUBINSKO BUŠENJE

U prvoj fazi izbušiće se deset bušotina, ukupne dužine bušenja 800 m. Nakon sagledavanja dobijenih rezultata bušenja u ovoj fazi, uslediće druga faza. U toj fazi izbušiće se šest bušotina ukupne dužine 480 m. Završni prečnik bušenja ne sme biti manji od 54 mm zbog uzimanja uzoraka za fizičko - mehanička ispitivanja.

RUDARSKI RADOVI - IZRADA PROBNE ETAŽE

Izrada probne etaže uslediće nakon sagledavanja svih rezultata dubinskih bušenja i laboratorijskih ispitivanja.

INŽENJERSKO - GEOLOŠKA ISPITIVANJA

Ova ispitivanja obuhvataju inženjersko - geološko kartiranje i uzimanje uzoraka za laboratorijsko ispitivanje fizičko - mehaničkih osobina mineralne sirovine i radne sredine u kojoj će se obavljati eksploatacija. Fizičko - mehaničke osobine ispitivaće se u Laboratoriji za geomehaniku stena Instituta za bakar - Zavod za rudarstvo.

Ova ispitivanja obuhvataju: izradu inženjersko-geoloških profila bušotina; uzimanje uzoraka; određivanje fizičko-mehaničkih osobina (specifična težina, zapreminska težina, vlaga, poroznost, čvrstoća na pritisak, čvrstoća na zatezanje, čvrstoća na savijanje, određivanje parametara otpornosti na smicanje, deformacione karakteristike, triaksijalna ispitivanja, dinamički koeficijent čvrstoće).

LABORATORIJSKI RADOVI

Pojedinačne i kompozitne probe iz bušotina, analiziraće "Institut za bakar – Zavod za hemijsko - tehničku kontrolu" iz Bora. U laboratorijskim uslovima vršiće se hemijske analize, i to:

- Hemijske analize pojedinačnih proba na: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_3O_4 , CaO .
- Kompletne hemijske analize kompozitnih proba na: SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO , MgO , TiO_2 , K_2O , Na_2O , Cr_2O_3 i gubitak žarenjem. Kompozitna proba dobiće se sjedinjavanjem materijala pet uzastopnih, pojedinačnih proba (desetometarski interval).

PETROLOŠKO - MINERALOŠKA ISPITIVANJA

Ova ispitivanja obuhvataju izradu preparata i njihovu determinaciju.

TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA

Tehnološka ispitivanja, analiza mogućnosti pripreme i primene kvarcita, obavljaće se u laboratorijskom i poluindustrijskom obimu. Detaljna tehnološka ispitivanja u industrijskom obimu, uslovljena su zahtevima potrošača i mogućnošću plasmana mineralne sirovine na tržištu.

ZAKLJUČAK

Prema dosadašnjim istraživanjima rezerve kvarcita Kaone procenjene su na 70.000.000 tona, kategorije C_2 , gde su kvarciti izgrađeni od slojeva konglomerata i kompaktnih, belih kvarcita koji se višestruko

preslojavaju. Debljina slojeva konglomerata, odnosno čistih kvarcita je 30-40 m, što bi omogućavalo selektivnu eksploataciju. Ispitivanja kvaliteta su pokazala da sirovina u ukupnoj masi uglavnom zadovoljava zahtevima vatrostalne industrije za proizvodnju dinasa i metalurgije (kao topitelj), kao i za proizvodnju fero-silicijuma. Međutim, postoje realni izgledi da se kompaktni kvarciti, kao kvalitetnija sirovina, mogu koristiti za dobijanje silicijum-metala, odnosno za silumine.

Realizacijom projektovanih geoloških istraživanja utvrdiće se geološke karakteristike i morfološka obeležja ležišta, rezerve C_1 kategorije, delom B-kategorije, dok će se sistematskim oprobavanjem radova utvrditi srednji sadržaj korisnih i štetnih componenti, kao i glavna tehnološka svojstva mineralne sirovine za odgovarajuću pripremu, preradu i primenu u laboratorijskom i poluindustrijskom obimu ispitivanja. Na osnovu rezultata dobijenih realizacijom projektovanih radova određiće se opšti uslovi buduće eksploatacije, sistem i metoda eksploatacije. Od vrednosnih pokazatelja približno će se oceniti kapacitet površinskog kopa, troškovi eksploatacije po 1 t otkopane mineralne sirovine, ukupna i specifična ulaganja potrebna za izgradnju rudnika, cena koštanja jedinice proizvedene mineralne sirovine.

SPIŠAK KORIŠĆENE LITERATURE I DOKUMENTACIJE

1. Bugarin M., 1989: Projekat geoloških istraživanja kvarcita na području Kaone u 1989/90. god; Institut za bakar, Bor
2. Bugarin M., 1989: Projekat geoloških istraživanja kvarcita na području Kaone u 1990. god; aneks, Institut za bakar, Bor
3. Ilić M, 1999: Istraživanje ležišta nemetala - građevinskih materijala, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

4. Janković S. i Vakanjac B., 1969: Ležista nemetaličnih mineralnih sirovina, Beograd;
5. Janković S., Milovanović D., 1985: Ekonomska geologija i osnovi ekonomike mineralnih sirovina., Rudarsko-geološki fakultet, Beograd,
6. Kalenić I. i dr., 1980: List Kučevo, L 34-128, OGK 1:100.000 - Savezni geološki zavod, Beograd,
7. Kalenić I. i dr., 1980: Tumač za list Kučevo, L 34 -128, OGK 1:100.000 - Savezni geološki zavod, Beograd.
8. Vakanjac B., 1990: Geološka istraživanja metakonglomerata na području Kaone, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

UDK: 553.43:666.952(045)=861

*M. Jovanović, K. Nikolić, M. Maksimović**

VALORIZACIJA BAKRA U DEPOU ŠLJAKE – 1

COPPER RECOVERY IN THE SLAG DEPOT - 1

Izvod

Prognoza svetskih stručnjaka pokazuje da će do kraja prvog kvartala ovog veka biti proizvedeno oko 20 – 30 % bakra manje (iz prirodnih resursa) u odnosu na potrošnju (potrebe) u svetu. Stoga je planirano da se taj nedostatak nadoknadi preradom reciklažnih sirovina i tehnogenog otpada koji sadrži bakar. U tom pogledu realizacija ovog planiranog procesa (tehnološkog postupka) ima poseban značaj, pogotovu što se preradom ovih sirovina, pored ekonomskih efekata, rešavaju (ekološki) problemi zaštite životne sredine, što je za grad Bor (i šire) od izuzetnog značaja.

Ključne reči: šljaka, tehnogeni otpad, bakar, rezerve mineralnih sirovina

Abstract

The full cast (expectations) of experts (world scientist's) show us to the end of 20-th' century will be about 20 – 30% less of copper manufacture from natural resources. Needful for copper on world's market is higher than today's manufacture. Because of that there are plan to realize proceeding of recast recycled and technogene-garbage, which contains copper (inside). Realization of this process has a great influence in future to development of Bor town and local community. Very important fact is economical effect of this process (recast of technogene garbage, from scoria and got out a copper like a final product) for whole country of the Serbia.

Key words: scoria, technogene garbage, copper, reserve of mineral resources

OPŠTI PODACI

Početkom dvadesetog veka započeta je eksploatacija rude bakra u Boru. Paralelno sa tim, u prvom periodu topljena je ruda, a nakon izgradnje flotacijskih pogona (1934. godina) koncentrat bakra i plemenitih metala. Do 60-tih godina prošlog veka u topioničkim pogonima prerađivana je (topljena) ruda i koncentrat dobijen eksploatacijom iz ležišta bakra Bor. Nakon tog perioda, pored koncentrata dobijenog iz borskog rudnika, prerađuju se i koncentrat dobijeni iz ležišta: Lipe, Majdanpeka, Bučima, Cerova (M. Krivelj), uvezenih iz inostranstva i dr. Kao

nusprodukt topioničkih procesa nastao je tehnogeni otpad i topionička šljaka. Procenjene količine iznosile su preko 15 miliona tona.

U zavisnosti od tehnologija koje su bile korišćene u eksploataciji, faza metalurškog procesa topljenja u kojima je nastajala šljaka, kao i samih karakteristika rude, koncentrata bakra i topitelja, stvaran je tehnogeni otpad, veoma različitih – kako fizičkih i mineraloških tako i hemijskih karakteristika. Sve šljake nastale u različitim vremenskim periodima odlagane su na više lokaliteta, a sa pojedinih lokacija i premeštana je usled izvođenja rudarskih

* Milenko Jovanović, Krsta Nikolić, Miroslava Maksimović, Institut za bakar Bor

radova pri otvaranju i proširenju površinskih kopova (stari površinski kop i površinski kop rudnog tela „H“). Najveća količina šljake odložena je na između površinskog kopa rudnog tela „H“ i bivšeg „prališta“ radionice starog površinskog kopa, pa će se ova lokacija zbog bolje konverzacije u daljem tekstu predstavljati kao „depo šljake – 1“.

Postojanje šljake, sa znatnim sadržajem korisnih komponenti, pre svega bakra i plemenitih metala, nedvosmisleno ukazuje na potrebu istraživanja mogućnosti njene prerade u cilju valorizacije svih korisnih komponenti.

Tokom 2001. godine učinjeni su prvi pokušaji valorizacije bakra i plemenitih metala iz šljake u industrijskom postupku. U periodu od 2002. do 2006. godine flotacijski je prerađeno oko 900.000 tona šljake. Dobijene su znatne količine bakra, zlata i srebra, čime je dokazano da je primenjenim postupcima moguća valorizacija korisnih komponenti iz navedene sirovine.

Pošto je ovaj prostor istražen u fazi eksploatacije, procesu flotacijske prerade i izvedenim geološkim istraživanjima, a na zahtev rukovodstva RTB-a, tokom 2006. godine usledila je izrada Elaborata i overa rezervi topioničke šljake i korisnih komponenti na lokalitetu „depo šljake – 1“.

Prognoza svetskih stručnjaka pokazuje da će do kraja prvog kvartala ovog veka oko 20 – 30 % bakra biti manje proizvedeno (iz prirodnih resursa) u odnosu na potrošnju (potrebe) u svetu. Stoga je planirano da se taj nedostatak nadoknadi preradom reciklažnih sirovina i tehnogenog otpada koji sadrži bakar. U tom pogledu realizacija ovog planiranog procesa (tehnološkog postupka) ima poseban značaj, pogotovu što se preradom ovih sirovina, pored ekonomskih efekata, rešavaju (ekološki) problemi iz oblasti zaštite životne sredine, što je za grad Bor (i šire) od izuzetnog značaja.

GEOLOŠKA GRAĐA TERENA

Dominantno učešće u građi terena na kome je odložena topionička šljaka imaju tehnogene tvorevine kao nusprodukt intenzivnog rudarenja i prerade rude u Boru. Podlogu na kojoj je odlagana šljaka čine deponije jalovine sa površinskog kopa dobijene raskrivanjem rudnog tela „Čoka Dulkan“. Na jugoistoku deponije topioničke šljake formirano je flotacijsko jalovište (na starom površinskom kopu „R.T.H“), severoistočnu stranu čini jalovište površinskog kopa (Visoki planir), a severozapadnu – deponija topioničke šljake žaketnih peći.

Sve ove tvorevine su odlagane na nekadašnjem paleo - reljefu koji je izgrađen od borskih konglomerata, andezita, hidrotermalno izmenjenih vulkanita i vulkanoklastičnih stena, neizmenjenih vulkanoklastičnih stena i aluvijalnih nanosa.

Opis deponije šljake

Teren na kojem je odložena topionička šljaka „depo šljake – 1“ nalazi se u jugoistočnom delu industrijske zone TIR-a (topionice i rafinacije). Deponija je smeštena, delom u starom koritu borske reke, a delom na njenim zapadnim padinama. Tokom proteklog perioda odlaganja šljake formiran je plato srednje moćnosti od oko 30 m. Dimenzija duže ose (SZ – JI) je oko 650 m, a kraće (JZ – SI) oko 200 metara.

U jugoistočnom delu depo se graniči sa flotacijskim jalovištem (stari površinski kop rudnog tela „H“), dok se na severozapadu graniči sa deponijom topioničke šljake žaketnih peći. Severoistočnu granicu čini jalovište površinskog kopa, a jugozapadnu industrijska postrojenja TIR-a (Fabrika sumporne kiseline, topionička postrojenja i Termoelektrana), putna i železnička infrastruktura.

Šljaku karakteriše veoma izražena heterogenost u pogledu fizičkih, mineraloških i hemijskih osobina. Posledica je raznovrsnosti ruda, koncentrata i topitelja koji su korišćeni u procesu topljenja, kao i

tehnologije koje su primenjivane u relativno dugom periodu (oko 60 godina).

Na osnovu kvalitativnih mineraloških analiza utvrđen je sledeći mineralni sastav šljake: čvrsti sulfidni rastvor (Cu-Fe), halkozin, pirit, bakar, kuprit, magnetit i minerali jalovine. Nemetalični minerali (jalovina) predstavljeni su staklom sa pojavom različitih eutektičkih dendrita (fajalit i dr.).

Najzastupljeniji rudni mineral je sulfidna faza „čvrsti sulfidni rastvor Cu-Fe“.

Pored opisane deponije topioničke šljake, postoje još tri lokacije na kojima je odložena šljaka: „depo šljake – 2“, „depo šljake – 3“ i „depo šljake – 4“.

Druga po veličini deponija, je „depo šljake – 2“ (šljaka žaketnih peći), nalazi se severozapadno od prethodno opisane, na lokaciji između stare topionice i starog površinskog kopa. Procenjene količine na ovoj lokaciji su oko 1.900.000 tona, a njen kvalitet je određen na malom broju uzoraka (deset uzoraka). Dobijeni rezultati

hemijskih ispitivanja su: ukupni Cu = 0,604 %; učešće oksidnog bakra u ukupnom iznosi 26 %; sadržaj magnetita je 2,41; sadržaj sumpora 0,5 %; sadržaj zlata iznosi 0,4 g/t; sadržaj srebra je 8,8 g/t.

U procesu raskrivanja rudnog tela „H“ deo šljake sa „depoa – 1“ otkopan je i premešten je na lokaciju koja se nalazi južno od bivšeg površinskog kopa – rudnog tela „H“ – „depo šljake 3“.

Usled premeštanja šljake i deponovanju na sadašnju lokaciju, došlo je do mešanja sa jalovinom sa površinskog kopa rudnog tela „H“, pa je iz tih razloga sadržaj korisnih komponenti razblažen. Procenjena količina na ovoj lokaciji („depo šljake – 3“) iznosi oko 700.000 tona.

U toku 1997. godine premešta se odlaganje šljake sa „deponije – 1“, na stari površinski kop „depoa šljake – 4“, gde se trenutno odlaže.



Sl. 1. Subvertikalni odsek kosine na „depo šljake 1“

TEHNOLOŠKA ISTRAŽIVANJA

U narednom opisu daćemo hronološki pregled aktivnosti radi utvrđivanja mogućnosti valorizacije bakra iz nestandardnih i

ostalnih šljaka Topionice bakra u Boru, kako flotacijskim tako i ostalim metodama koncentracije. Prikazane su aktivnosti koje su se tokom dužeg minulog perioda od-

vijale u toj oblasti u okvirima Instituta za bakar u Boru.

Prva zabeležena obimna istraživanja, obavljena su 1970. godine na različito hlađenim uzorcima konvertorske šljake, koji su sadržali oko 4 % bakra. Ispitivanjima je utvrđeno da se, pri različitim režimima hlađenja, iz ispitivanih šljaka može proizvesti koncentrat sa sadržajem bakra od 20 - 25 % i njegovim iskorišćenjem od 90 - 92 %, kada je reč o granulisanom šljaci, odnosno nešto niže kada je reč o negranulisanom šljaci. Na osnovu rezultata ispitivanja definisana je tehnološka šema flotacijske prerade šljake, kao i izbor opreme za definisani tehnološki postupak u okviru flotacije u Boru.

Tokom 1971. godine ispitane su mogućnosti valorizacije bakra na više različitih uzoraka, na osnovu njihovih fizičko-mehaničkih osobina. To su:

- uzorci šljake iz stare topionice, koji su sadržali ispod 0,4 % bakra,
- uzorci šljake plamene peći, koji su sadržali 0,20 - 0,83 % Cu i
- uzorci konvertorske šljake, koji su sadržali 1,0 - 3,5 % Cu.

Detaljna ispitivanja flotacijske metode koncentracije obavljena su na uzorcima šljake konvertora i njima su potvrđeni rezultati ispitivanja iz 1970. godine.

U okviru istog posla ispitivana je flotacijska koncentracija bakra iz šljaka plamene peći, koji su sadržali oko 0,38 % Cu. Ispitivanjima nisu dobijeni pozitivni rezultati, kako u pogledu sadržaja bakra u koncentratu tako i u pogledu iskorišćenja bakra.

Na osnovu rezultata ispitivanja mogućnosti valorizacije bakra iz konvertorske šljake (izvršenih 1970/71.), tokom 1971. godine urađena je Tehno-ekonomska analiza mogućnosti i uslova industrijske primene procesa flotiranja konvertorske šljake u flotaciji Bor.

Na osnovu prethodnih dokumenata, početkom 1972. godine verifikovane su tehnološke mogućnosti za preradu konvertorske šljake u pogonu stare borske flota-

cije sa predlozima za neophodnu adaptaciju pogona.

Sredinom 1972. godine obavljeno je, u borskoj flotaciji, industrijsko ispitivanje mogućnosti valorizacije bakra iz konvertorskih šljaka. Za tu namenu šljaka je posebno hlađena na deponiji "kreveta" i nakon neophodnog stepena usitnjavanja podvrgavana flotacijskom tretmanu. U toku te probe prerađeno je ukupno 5.913 tona šljake u kojoj je srednji sadržaj bakra bio 4,80 %. Proizveden je koncentrat bakra sa srednjim sadržajem bakra od 38,79 % i iskorišćenjem bakra od 83,83 %. Ukoliko se u okviru ove kampanje, koja je trajala 73 smene, izdvoji 14 smena u kojima je sadržaj bakra u ulaznoj šljaci bio ispod 3,0 %, onda se uočava da je u tim smenama ostvaren sadržaj bakra u koncentratu od 25,08 % i iskorišćenje od 87,46 %.

U narednom periodu, sve do 1990. godine, nije bilo detaljnijih ispitivanja na šljakama topionice u Boru, a konkretan rad devedesetih godina je bila izrada idejnog rešenja hlađenja i flotacijske prerade šljake u flotaciji Bor, nakon čega je nastavljen veoma intenzivan rad na toj problematici, i urađeno je sledeće :

Tokom 1989. godine uzet je uzorak šljake plamene peći - korke - koje se formiraju na kontejnerima-kupolama za transport šljake na odlagalište. Uzorak je sadržao 1,0 % Cu, od čega je oko 27 % bilo oksidnog bakra, 1,2 g/t Au i 10 g/t Ag. Ispitivanjem je utvrđeno da se iz ove šljake može proizvesti koncentrat koji sadrži oko 14,5 % Cu sa iskorišćenjem od oko 72 %.

Istovremeno sa formiranjem prethodnog uzorka, formiran je i drugi uzorak koji je sadržao 5,63 % Cu, od čega oko 15 % oksidnog bakra, 2,98 g/t Au i 9,88 g/t Ag. Ispitivanjem je konstatovano da se iz uzorka može proizvesti koncentrat bakra sa oko 22 % Cu, 10,3 g/t Au i 38 g/t Ag, sa iskorišćenjem Cu od oko 94 %, zlata 84 % i srebra oko 94 %.

Ispitivanje šljaka kod stare topionice 1995. godine - uzorak je sadržao oko 5,3 % Cu, od čega je bilo oko 20 % oksidnog

bakra. Iz ispitivanog uzorka proizveden je koncentrat koji je sadržao oko 16 % bakra, 4 g/t Au i 28 g/t Ag, uz iskorišćenja sva tri elementa od 90 - 92 %. U okviru ovog uzorka ispitivano je i učešće magnetične frakcije i distribucije bakra i doneti su adekvatni zaključci.

U okviru prethodnog ispitivanja ispitivani su uzorci šljake uzeti sa "**kreveta**". Uzorak je sadržao 1,47 % bakra, u kojoj je relativno učešće oksidnog bakra iznosilo 19 %, sa primesama zlata i srebra. Proizveden je koncentrat bakra sa oko 4 % Cu i iskorišćenjem oko 81 %, što je ocenjeno kao nezadovoljavajuće. Dodatnim analizama je utvrđeno da je bakar u šljaci dispergovan u rastopu (magnetitna i silikatna masa), što nije omogućilo postizanje višeg stepena koncentracije. U zaključku je konstatovano da se šljake iz tačke 8 i 9 mogu mešati u odnosu 1:1 i flotirati uz postizanje ekonomski opravdanih rezultata. Na osnovu rezultata ispitivanja definisana je tehnološka šema prerade šljake u flotaciji Bor sa časovnim kapacitetom prerade od 125 tona, specificiranim normativnim materijalom i troškovima prerade.

Krajem 1996. godine izvršena su nova ispitivanja na uzorku šljake "**danca**" iz lonaca sa šljakom plamenih peći, izlivenih na deponiju na haldi pored pruge, a uzorak je sadržao 2,22 % Cu, od čega je bilo 28 % oksidnog bakra, 0,38 g/t Au i 7,0 g/t Ag. Na uzorku su rađeni samo ogledi osnovnog flotiranja i proizveden je koncentrat sa 11 % Cu, 3,43 g/t Au i 28,64 g/t Ag. Ostvarena su iskorišćenja Cu od 87,35 %, na Au 96,75 i na Ag 83,39 %.

Istovremeno sa prethodnim uzorkom uzet je i uzorak "**kreveti**" koji je takođe predstavljao šljaku plamenih peći izlivenu u "krevete" pored pruge, a uzorak je sadržao 11,55 % Cu, sa 19 % oksidnog bakra, 2,0 g/t Au i 40,6 g/t Ag. Kroz ogledne osnovnog flotiranja proizveden je koncentrat bakra sa 30 % Cu, 4,54 g/t Au i 97,12 g/t Ag. Ostvarena su iskorišćenja bakra od 96,57 %, Au 82,12 i Ag 86,45 %.

Sa prethodna dva uzorka uzet je i uzorak mešavine konvertorske šljake i bakrenca, a to su ustvari bili nalepci iz **lonaca** za transport konvertorske šljake - korke. Uzorak je sadržao 21,18 % Cu, dok je učešće oksidnog bakra bilo svega oko 12 %, 1,90 g/t Au i 7,40 g/t Ag. Iz ispitivanih uzoraka je proizveden koncentrat bakra koji je sadržao oko 36 % Cu, 7 g/t Au i 48 g/t Ag. Ostvarena su iskorišćenja na Cu od 98 %, na Au 94 % i Ag 90 %.

Na osnovu rezultata ispitivanja iz tačaka 10, 11 i 12 urađeno je konceptijsko rešenje prerade ove šljake čije su mase tada iznosile oko 5.800 tona i procenama od 10.000 tona na haldi. Rešenje se je odnosilo na preradu šljake u postrojenju flotacije u Boru.

Početakom 1997. godine, na zahtev TIR-a i preliminarne dokumentacije – Outokumpu, definisan je tehnološki proces i urađena verifikacija sa izborom osnovne opreme u flotaciji Bor, za preradu 400.000 šljake godišnje.

Tokom 1997. godine uzet je uzorak šljake iz konvertorske hale, na kome je trebalo da se obavi poluindustrijsko ispitivanje mogućnosti valorizacije Cu, Au i Ag. Uzorci su nosili naziv "šljaka lonci - krupno" sa sadržajem bakra 16,5 %, i "šljaka lonci sitno" sa sadržajem bakra 24,75 %. Usled velikog prisustva metalnog bakra veličine cigle, šljaka nije mogla biti izdrobljena na postrojenju za usitnjavanje kvarca u Krivelju, te su urađeni samo laboratorijski testovi. Na oba uzorka ostvarena su mala iskorišćenja bakra, koja nisu prešla 80 %, i veoma visoki sadržaji bakra u koncentratima. Dodatne analize podataka su ukazale da se u ovom slučaju nije radilo o konvertorskoj šljaci, nego, verovatno, o hladnom materijalu sa visokim primesama kuprita i delafosita, odnosno oksidnog bakra, što je navelo na zaključak da materijal potiče iz anodne peći.

Krajem 1997. godine uzet je uzorak šljake sa "**kreveta**" koji je sadržao ispod 2 % Cu, od čega je bilo oko 20 % oksidnog Cu, i iz njega je proizveden koncentrat bakra sa oko 10 % Cu i iskorišćenjem Cu od 80 %.

Istovremeno je uzet i uzorak šljake sa gomile na aglomeraciji koji je sadržao 5,18 % Cu, od čega je učešće oksidnog Cu bilo oko 15 %. Iz njega je proizveden koncentrat bakra sa oko 24 % Cu i iskorišćenjem od 80 %.

Na osnovu rezultata prethodnih istraživanja, krajem devedesetih godina urađena su idejna varijantna rešenja prerade šljake flotacijskim putem, za kapacitet od 50.000 i 500.000 tona godišnje. U okviru njih su razmatrane mogućnosti korišćenja postojećih postrojenja flotacije u Boru, kao i izgradnje neophodnog minimuma novih postrojenja i opreme.

Krajem devedesetih urađeno je idejno rešenje flotacijske prerade šljake fleš-peći po konceptu firme "Soberi", a u sklopu projekta rekonstrukcije Topionice bakra u Boru, kao i studija mogućnosti flotiranja konvertorske šljake po konceptu firme - "Mitsui".

Tokom 2004. i 2005. god. nastavljena su laboratorijska ispitivanja valorizacije korisnih komponenti iz uzoraka topioničke šljake koja se tada već prerađivala, a u okviru industrijske probe u pogonu flotacija Bor. S obzirom na to da se iskorišćenja bakra u koncentratu kreću oko 45-60% došlo se na ideju da se izvrši ispitivanje mogućnosti luženja bakra iz otoka osnovnog flotiranja (definitivne jalovine procesa), a u cilju dodatnog iskorišćenja zaostalog bakra nakon procesa flotacijske koncentracije. Uzeti uzorak otoka flotacijske koncentracije sadržao je 0,32% ukupnog bakra od čega je oko 10% bilo oksidnog. U laboratorijama za hemijske metode koncentracije odeljenja za PMS Instituta za bakar izvedeno je agitaciono luženje uzorka za različite eksperimentalne uslove. Kao lužni rastvor korišćen je rastvor pijaće vode i sumporne kiseline, koja je dodavana radi regulacije pH vrednosti. Odnos čvrste i tečne faze u eksperimentima bio je 1:2, odnosno 33% čvrste faze. U toku istraživanja ispitivan je uticaj nekoliko parametara. Rađeno je na različitim pH vrednostima rastvora (pH=1 i pH=1,5). Ispitivan je, takođe, i uticaj različitih oksidanasa na izluženje bakra. U tu svrhu dodavan je feri-hlorid $FeCl_3$, feri-

sulfat $Fe_2(SO_4)_3$ i vodonik-peroksid H_2O_2 . Takođe je ispitivan i postignuti stepen izluženja bakra pri luženju u različitim vremenskim intervalima (5 min; 10 min; 15 min; 20 min; 30 min; 40 min; 50 min; 60 min). Luženjem otoka osnovnog flotiranja topioničke šljake za različite uslove postignut je mali stepen izluženja bakra, najveća vrednost svega 20 %, uz dodatak vodonik-peroksida kao oksidansa. Potrošnja sumporne kiseline bila je velika, (najveće vrednosti 160 do 195 kg/t). U slučaju luženja uz dodatak feri-hlorida u ulozi oksidansa, potrošnja sumporne kiseline je bila znatno manja 30 kg/t, ali je i stepen izluženja bakra bio niži. Generalno je zaključeno da se luženjem bakra iz otoka flotacije topioničke šljake ne može očekivati ekonomična dodatna valorizacija bakra, što je najverovatnije posledica znatnog sadržaja sulfidnih minerala bakra u otoku flotacijske koncentracije (preko 50%) koji se dosta teško rastvaraju sumpornom kiselinom. Izveštaj o ovim ispitivanjima predat je RBB-u.

Paralelno sa ispitivanjima luženja otoka flotacije topioničke šljake istraživano je osnovno flotiranje šljake uz dodatak lignita i antracita sa malim masenim učešćima, a u cilju povećanja iskorišćenja bakra u ovoj fazi procesa. Iz literature je poznato da ugalj ima izražena apsorpciona svojstva, te da su ta svojstva uglavnom iskorišćena kod tehnologija prerade plemenitih metala tzv. postupak CIP (Carbon In Palp). Sadržaj bakra u uzorku bio je 0,85 % sa oko 20 % oksidnog bakra. Laboratorijskim ogledima prvo su utvrđeni tehnološki rezultati po parametrima proizvodnje iz industrijskog procesa. Nakon toga su izvedeni ogledi sa modifikovanim parametrima procesa osnovnog flotiranja, uključujući posebno i alternativne varijante uz dodatak raznih vrsta uglja, u određenom procentu, tokom procesa flotiranja. Ogledi su tako formirani da se sagleda razlika u ostvarenim laboratorijskim tehnološkim rezultatima između različitih vrsta upotrebljivanih reagenasa u pogonu (KEX; KAX;

NaIPX) i, takođe, de se prikaže efikasnost upotrebe raznih vrsta uglja pri procesu flotiranja topioničke šljake, kao i preliminarno ustanovljenje produženog vremena flotiranja. Odrađene su dve serije preliminarnih ispitivanja. Nakon prve serije se jasno uočavalo povećanje iskorišćenja bakra (do 7%) dodavanjem lignita u masenom iznosu od 2%. U drugoj seriji ogleđa utvrđeno je "referentno" stanje iskorišćenja bakra u laboratorijskim uslovima, a sa industrijskim tehnološkim parametrima, i, kao srednja vrednost tri uzastopna ogleđa, dobijeno iskorišćenje iznosilo je 52,23 %. Stepem povećanja iskorišćenja bakra sa upotrebom uglja u procesu flotacije zavisio je od vrste upotrebljenog uglja i najpovoljniji je sa lignitom. Generalno, u ovoj seriji ogleđa to povećanje nije ponovilo trend iz prve serije i iznosilo je svega 2-3 %, odnosno kretalo se do 55,09 %. U svakom slučaju, vrednost najbolje postignutog iskorišćenja bakra u obe serije ogleđa je flotiranje sa upotrebom lignita.

U istom periodu su izvršena i preliminarna ispitivanja magnetne koncentracije otoka flotacijske koncentracije topioničke šljake koja su imala za cilj utvrđivanje mogućnosti za izdvajanje drugih komercijalnih proizvoda iz ove sirovine. Naime, hemijskim analizama je utvrđeno da se definitivna jalovina iz procesa flotacije topioničke šljake znatno razlikuje od definitivne jalovine flotacije primarnih ruda. RDA - analizom utvrđene su znatne pojave

magnetita Fe_3O_4 i fajalita Fe_2SiO_4 koji nastaje "veštački" prilikom odlaganja topioničke šljake i brzim hlađenjem. Sadržaj gvožđa i jedinjenja gvožđa upućuje na mogućnost dodatnog tretmana definitivne jalovine, a u cilju pripreme za korišćenje u crnoj metalurgiji, odnosno železarama. Sa druge strane, definitivna jalovina flotacije topioničke šljake sadrži i jedinjenja koja bi se minimalnim tehnološkim zahvatima mogla koncentrisati u cilju pripreme materijala za primenu u cementnoj industriji za izradu pucolanskih tj. "mešanih" cementa. Pored ovoga, otok flotacije topioničke šljake, zahvaljujući svom hemijskom sastavu kao i granulostastavu, s obzirom na to da se radi o vrlo sitnoznom materijalu, može naći primenu i u razne druge svrhe (proizvodnja abrazivnih materijala, suspenzija raznih suspenzoida, itd.) za šta bi trebalo sprovesti dodatna ispitivanja. Preliminarna ispitivanja mokrim i suvim postupcima magnetne koncentracije na jačinama magnetnog polja od 0,2 do 1T. U ovim ispitivanjima od polaznog uzorka šljake sa karakteristikama:

gustina	- 3575 kg/m ³ ,
Fe	- 36,60%
Fe_3O_4	- 9,49%
Al_2O_3	- 6,00%
SiO_2	- 32,94%

dobijeni su proizvodi sledećih karakteristika:

M - frakcija		N - frakcija	
gustina	- 3660 kg/m ³	gustina	- 3060 kg/m ³
Fe	- 37,98%	Fe	- 31,83%
Fe_3O_4	- 11,42%	Fe_3O_4	- 5,98%
Al_2O_3	- 4,81%	Al_2O_3	- 6,94%
SiO_2	- 32,74%	SiO_2	- 49,70%

Kako se iz rezultata vidi, moguće je razdvajanje frakcija magnetnim metodama koncentracije. Međutim, zbog poteškoća pri određivanju racionalne analize jedinjenja gvožđa, što se, pre svega, ogleđa u

pozdanosti hemijskih analiza, kao i zbog nedostatka savremenijih uređaja za magnetnu koncentraciju, ova ispitivanja nisu nastavljena.

ZAKLJUČAK

Sve što je navedeno u hronologiji tehnoloških istraživanja valorizacije korisnih komponenti iz topioničke šljake jasno pokazuje da, pored ispitivanja mogućnosti povećanja iskorišćenja bakra u flotaciji, treba istraživati i mogućnosti za valorizaciju ostalih korisnih komponenti ove sirovine. Pre svega iz otoka flotacije topioničke šljake, koji zahvaljujući svom hemijskom sastavu kao i granulno-sastavu, može, putem određenih tretmana, naći svoju primenu i u razne druge svrhe (proizvodnja abrazivnih materijala, suspstucija raznih suspenzoida itd.). Upravo je to i bio cilj ispitivanja izvedenih u Odeljenju za PMS Instituta za bakar u Boru tokom 2004-2005. godine, kada nisu ispitivani uticaji klasičnih tehnoloških parametara na iskorišćenje bakra, kao što su finoća mliva, reagensni režim i slično, jer je poznato da se dovođenjem ovih parametara na optimalni nivo povećava iskorišćenje bakra.

Opšti zaključak bio bi da je topionička šljaka resurs iz koga je moguća profitabilna valorizacija bakra, ali da bi u cilju još boljeg ekonomskog, a i ekološkog bilansa trebalo nastaviti sa kompleksnim istraživanjima mogućnosti valorizacije i ostalih korisnih komponenti.

SPISAK KORIŠĆENE LITERATURE I DOKUMENTACIJE

1. Blečić N., D. Milovanović, 1999: Metode proračuna rudnih rezervi – RGF Beograd, 176 s.
2. Cisarc A., 1949: Izveštaj o ispitivanju bakrovih ležišta u Boru - Stručni fond SGZ, Beograd
3. Cisarc A., 1951: Subvulkansko-hidrotermalna ležišta /Nauka o rudnim ležištima, s 84-88. - Izd. štamp. preduz. Saveta za energetiku i ekstraktivnu ind. Vlade FNRJ, Beograd, 175 s.
4. Cocić S., Jelenković R., Živković P., 2002: Vodič za ekskurzije - Excursion guide, Simpozijum BOR 100 godina, Bor
5. Drovenik M., 1961: Geološko-petrološka študija širše okolice rudnika bakra Bor – doktorska disertacija .-Univerza u Ljubljani, 344 s.
6. Janković S., 1981: Ležišta mineralnih sirovina - Geneza rudnih ležišta – Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 529 s.
7. Janković S., R. Jelenković, D. Koželj, 2002: Borsko ležište bakra i zlata - RTB Bor – Institut za bakar, Bor
8. Karamata S., V. Knežević, P. Đorđević, D. Milovanović, 1983: Alternations in the Bor copper deposit and their significance for explanation of the ore genesis - Geologicky zbornik, Geologica Carpatica 34, p. 45-52, Bratislava
9. Milovanović D., 1993: Specifičnosti geološko–ekonomske ocene ležišta tehnogenih mineralnih sirovina – Tehnika, Rudarstvo, geologija i metalurgija., 48, 1, s. 3 – 9, Beograd
10. Milovanović D., 1974: Osnovne karakteristike svetske mineralno – sirovinske baze bakra. – Rudarski glasnik, XIII, 4, sv. 38 – 47, Beograd
11. Petković A., 2004: Elaborat o proizvodnji, tehnološkim rezultatima, stanju opreme, objekata i instalacija na tehnološkoj liniji flotacijske prerade šljake plamene peći u pogonu Flotacija Bor, kao i predlog mera za dostizanje prerade od 1.650.000 t šljake godišnje, Bor
12. Petković A., Milojević Ž., Profirović S., Šćopić-Topalović S., Profirović I., 2005: Izveštaj o snimanju tehnološkog procesa flotiranja šljake plamene peći u pogonu Flotacije Bor u periodu od 14. 10.2004. do 24.01.2005. god., Tehnička priprema pogona Flotacije Bor
13. Pogon flotacija – Bor, 2005: Tehnički izveštaji za 2002., 2003., 2004. i 2005.godinu, Bor

14. Službeni list SFRJ 53/79, 1979: Pravilnik o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima
15. Torbica S., Ignjatović D., Knežević D., Lilić N. i dr., 2005: Studija opravdanosti kratkoročnog investiranja (period 2006-2011 godine) u proizvodnju koncentrata bakra u RBB – Bor, RGF Beograd
16. Veljović O., Pešić S., Milošević D., Knežević Č., 1985: Flotacijska koncentracija bakra iz šljake topionice u Boru, RTB – Bor

UDK: 622.36:621.928(045)=861

*S.Dević, Z.Radojević, D.Urošević**

MAKROSKOPSKA I MIKROSKOPSKA IDENTIFIKACIJA OSTATKA NA SITU 0,063 mm LEŽIŠTA GLINA U SRBIJI

MAKROSCOPY AND MICROSCOPY IDENTIFICATION OF THE RESIDUE ON SIEVE 0.063 mm OF THE CLAY DEPOSITS IN SERBIA

Izvod

Kao što je poznato, naša zemlja je veoma bogata nalazištima glina. Glina pojedinih ležišta koristi se za proizvodnju keramičkih proizvoda, kvalitetne fasadne opeke, crepa i monte, dok se glina lošijeg kvaliteta, sa odgovarajućom pripremom, koristi za proizvodnju opeke u opekarskoj industriji.

Rad prikazuje ostatake na situ 0,063mm različitih ležišta gline, koja se koristi najčešće u opekarskoj industriji. U radu su ispitani uzorci ležišta "Staro lojze", "Vrbovac", "TM Plana", "Kovačica", "Žabalj" i "Nadalj". Rezultati dobijeni makroskopskom i mikroskopskom identifikacijom ukazuju na različitost ostatka na situ 0,063 mm u pogledu izgleda, mineralnog sastava, zastupljenosti pojedinih mineralnih satojaka, količine ostatka i dr. Pojedine uzorke odlikuje prisustvo minerala na bazi kalcijске komponente, dok druge karakteriše prisustvo minerala na bazi silicijске komponente. Na bazi kalcijске komponente identifikovani su karbonati koji se pojavljuju u obliku kalcita ili krečnjaka, lesnolokih lutkica ili makrofaunastih fragmenta školjki i puževa, dok se na bazi silicijске komponente najčešće sreću kvarc, liskuni, feldspati i drugi silikati.

Ključne reči: ležišta glina, opeke, makroskopska, mikroskopska, identifikacija

Abstract

Clay deposits are abundant in Serbia. Some of those deposits provide high quality raw material for ceramic industry, production of facade bricks, roof tiles and blocks. Lower quality raw materials can be used after an adequate dressing for production of building bricks.

Sieve 0.063 mm residues of clays from few deposits most often used in domestic tile industry are presented in this paper. These deposits are "Staro Lojze", "Vrbovac", "TM Plana", "Kovačica", "Žabalj" and "Nadalj".

The results obtained by macroscopic and microscopic identification of 0.063 mm sieve residues have shown significant differences in their mineral composition and content, visual appearance and mass percent of the residue in the sample.

The samples have generally shown two composition types: a) calcium-carbonate and b) silicate. Calcium-carbonate type residues contain mostly calcite, limestone, loess nodules and shell (bivalves and gastropods) fragments. Silicate type residues most often contain quartz, micas, feldspars and other silicate mineral fragments.

Key words: clay deposits, building brick, macroscopic, microscopic, identification

* IMS Institut, Beograd, Bulevar vojvode Mišića 43, 11000 Beograd

UVOD

Ležišta glina čiji su uzorci ostatka na situ 0,063 mm tretirani i prikazani u ovom radu pripadaju ležištima opekarskih sirovina, te se ona ne koristi za keramičke proizvode. Gline ovih ležišta su kompletno ispitane, a izveštaji sa odgovarajućim preporukama kako ih oplemeniti u zavisnosti od kvaliteta prosleđeni su proizvođačima koji ih koriste i primenjuju kao sirovinu za ciglarsku proizvodnju.

EKSPERIMENTALNI DEO

Eksperimentalni deo obuhvatio je makroskopsko i mikroskopsko ispitivanje velikog broja uzoraka ostatka na situ 0,063 mm pomenutih ležišta gline, a u ovom radu su prikazani rezultati koji su glavno obeležje i karakteristika uzoraka svakog ispitnog ležišta.

REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati ispitivanja pokazali su znatne razlike ostataka na situ 0,063 mm glina ležišta iz kojih potiču. Ono što karakteriše uzorke ostatka na situ 0,063 mm makroskopski i mikroskopski prikazano je u opisu uzoraka koji su ispitani, a koji je prikazan i kroz ovo poglavlje.

U ostacima sita 0,063 mm u uzorcima ležišta "**Staro Lojze**" najčešće se javljaju uzorci:

SL 1

Uzorak je braonžute boje. Krupna frakcija je zastupljena u uzorku, ali su frag-

menti veličine do 3,0 mm. Peskovitu frakciju sačinjavaju fragmenti karbonata, kvarca i akcesornih minerala. Sitnopeskovitu frakciju čine kvarc, karbonatni fragmenti, malo liskuna i akcesorni minerali. Veličina sastojaka u uzorku kreće se od 0,063 mm do 3,0 mm. Reakcija sa 5% HCl – umerena.

SL 2

Uzorak je belo-žute boje. U uzorku je prisutna frakcija kvarca i karbonata veličine do 15 mm. Karbonat prisutan sa veličinom od 5 mm do 12 mm. Peskovitu frakciju čine kvarc, karbonati, feldspati. Sitnopeskovita frakcija odlikuje se prisustvom kvarca, karbonatnih fragmenana, malo liskuna i akcesornih minerala. Veličina sastojaka kreće se od 0,063 mm do 15 mm.

Reakcija sa 5% HCl – slaba.

SL 3

Uzorak je žutobeličaste boje. U uzorku preovlađuje sitnopeskovita frakcija, krupni fragmenti karbonatnog porekla veličine do 3 mm. Peskovita frakcija se sastoji iz karbonatnih fragmenata, lesnih lutkica i kvarcnih zaobljenih zrna, akcesornih minerala u manjem broju.

Sitnopeskovitu frakciju čine kvarc, liskun i sitni fragmenti karbonatnog porekla. Veličina sastojaka u uzorku se kreće u intervalu od 0,063 mm do 3 mm. Preovlađuju sastojci veličine 0,3 mm. Reakcija sa 5% HCl – jaka.



Sl. 1. Makroizgled uzoraka ostatka na situ 0,063 ležišta "Staro Lojze"

LEŽIŠTE "VRBOVAC" (159 UZORAKA)

U ostacima sita 0,063 mm u uzorcima ležišta "Vrbovac" najčešće se javljaju uzorci:

Vr1

Boja uzorka je žutobela sa puno prisutnih fragmenata krupne frakcije koja se ovde kreće do 10 mm. Čine je lesne lutkice, makroflorni fragmenti i akcesorni minerali. Peskovitu frakciju sačinjavaju lesne lutkice, kvarc, karbonatni fragmenti, makroflorni fragmenti i akcesorni minerali. Sitnopeskovitu frakciju čine lesnoliki fragmenti, kvarc, malo liskuna i akcesorni minerali. Veličina sastojaka u uzorku kreće se od 0,063 mm do 10 mm. Reakcija uzorka sa 5 % HCl je jaka.

Vr2

Boja uzorka je žutobraon, zemljastog izgleda. Prisutna je u uzorku krupna frakcija, a čine je lesne lutkice veličine do 4 mm. Peskovita frakcija se sastoji većim

delom od lesnih lutkica, malo kvarca, makrofaunastih fragmenata školjki i malim prisustvom akcesornih minerala. Sitnopeskovita frakcija sadrži lesnolike fragmente, malo kvarca, liskuna i akcesornih minerala.

Veličina sastojaka u uzorku se kreće od 0,063 mm do 4 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je jaka.

Vr3

Boja uzorka je beložuta. U uzorku je prisutna krupna frakcija veličine do 10 mm. Ovu frakciju čine lesne lutkice. Peskovita frakcija se sastoji od lesnih lutkica, makroflornih fragmenata, akcesornih minerala sferičnog oblika i drugih manje prisutnih. Sitnopeskovita frakcija se sastoji od lesnih lutkica, liskuna, akcesornih minerala i malo ostataka makroflornih fragmenata. Veličina u uzorku kreće se u intervalu od 0,063 mm do 10 mm.

Reakcija uzorka sa 5 % HCl je burna.



Sl. 2. Makroizgled uzorka ostatka na situ 0,063 ležišta "Vrbovac"

LEŽIŠTE "KOVAČICA" (32 UZORAKA)

Ko1

Uzorak je sivobeke boje. U uzorku prisutna krupna frakcija koju čine makrofaunasti ostaci puževa i školjki veličine do 5 mm, kao i lesnoliki fragmenti. Peskovita frakcija se sastoji od lesnolikih, makro-

faunastih fragmenata, malo kvarca i akcesornih minerala. Sitnopeskovita frakcija se sastoji od makrofaunastih fragmenata lesa, liskuna, kvarca i akcesornih minerala.

Veličina sastojaka u uzorku se kreće od 0,063 mm do 5 mm. Reakcija sa 5% HCl – burna.

Ko2

Uzorak je sivobeke boje. U uzorku prisutna krupna frakcija koju čine ostaci makrofaune – školjki i puževa, veličine do 6 mm. Peskovitu frakciju čine lesnoliki, alevrolitsko-gvožddeviti i makrofaunasti fragmenti. Sitnopeskovitu frakciju čine lesnoliki fragmenti, makrofaunasti fragmenti, kvarc, liskun i akcesorni minerali. Veličina sastojaka u uzorku se kreće od 0,063 mm do 6 mm. Reakcija sa 5% HCl – burna.

Ko3

Uzorak je sivocrne boje. U uzorku je prisutna krupna frakcija veličine do 3 mm.



Sl. 3. Makroizgled uzoraka ostatka na situ 0,063mm ležišta "Kovačica"

Čine je makrofaunasti fragmenti školjki i puževa i metalični mineral. Peskovita frakcija se sastoji od lesnolikih i makrofaunastih i makroflornih fragmenata, kvarca, alevrolitsko-gvožddevitih fragmenata.

Sitnopeskovita frakcija se sastoji od lesnolikih, alevrolitsko-gvožddevitih fragmenata, kvarca, liskuna i akcesornih minerala, među kojima ima i metaličnih.

Veličina sastojaka u uzorku se kreće od 0,063 mm do 3 mm. Reakcija sa 5% HCl – burna.

LEŽIŠTE "TM PLANA"

TM PL1

Uzorak je sive boje. U uzorku prisutna krupna frakcija veličine do 5 mm. Uočljivo prisustvo sferičnih metaličnih minerala. Peskovitu frakciju čine kvarc, alevrolitsko – gvožddeviti fragmenti, malo makroflorni fragmenti, akcesorni minerali među kojima su zastupljeni i metalični minerali. Sitnopeskovitu frakciju čine kvarc, alevrolitsko – gvožddeviti fragmenti, liskun i akcesorni minerali. Veličina sastojaka kreće se u intervalu od 0,063 mm do 5 mm. Nema reakcije uzorka sa 5 % HCl.

TM PL 2

Uzorak je sivocrnkaste boje jer je veće prisustvo tamnih mineralnih fragmenata. U uzorku je prisutna krupna frakcija veličine sastojaka do 6 mm. Peskovita frakcija se

sastoji od kvarca, gvožđe - alevrolitskih fragmenata, makroflornih fragmenata i akcesornih minerala među kojima se nalaze i metalični minerali. Sitnopeskovita frakcija se sastoji od kvarca, liskuna, gvožđe – alevrolitskih fragmenata i akcesornih minerala. Veličina sastojaka se kreće od 0,063 mm do 6 mm. Reakcije uzorka sa 5 % HCl nema.

TM PL3

Uzorak je sivobeke boje. U uzorku je prisutna krupna frakcija do 11 mm veličine. Ovu frakciju čine lesne lutkice. Peskovita frakcija se sastoji od lesnolikih fragmenata, kvarca i akcesornih minerala. Sitnopeskovita frakcija se sastoji od lesnolikih i alverolitskih fragmenata, kvarca, liskuna i akcesornih minerala. Veličina sastojaka u uzorku kreće se od 0,063 mm do 11 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je burna.



Sl. 4. Makroizgled uzoraka ostatka na situ 0,063 ležišta "TM Plana"

LEŽIŠTE „ŽABALJ“

Ža1

Boja uzorka je siva. U uzorku se nalazi krupna frakcija veličine do 4 mm. Peskovita frakcija se sastoji od karbonatnih i kvarcnih fragmenata, makrofaunastih i makroflornih fragmenata, alevrolitsko-gvoždevitih fragmenata, liskuna malo i akcesornih minerala. Sitnopeskovita frakcija sadrži karbonatne i makrofaunaste fragmente, alevrolitsko-gvoždevitih fragmenata, malo liskuna, kvarca i akcesornih minerala.

Veličina sastojaka kreće se od 0,063 mm do 4 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je burna.

Ža2

Uzorak je belosive boje. U uzorku je prisutna krupna frakcija veličine do 7 mm. Peskovita frakcija se sastoji od lesnolikih fragmenata, gvožđe-alevrolitskih fragme-

nata, makrofaunastih fragmenata školjki i puževa, nešto kvarca i liskuna. Sitnopeskovita frakcija se sastoji od lesnolikih fragmenata, gvožđe-alevrolitskih fragmenata, makrofaunastih fragmenata, malo kvarca, liskuna i akcesornih minerala. Veličina sastojaka kreće se od 0,063 mm do 7 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je burna.

Ža3

Boja uzorka je sivobeličasta. U uzorku nema krupne frakcije. Peskovitu frakciju čine sastojci lesnolikih fragmenata, gvožđe-alevrolitskih fragmenata, makrofaunastih fragmenata i akcesornih minerala. Sitnopeskovita frakcija se sastoji od lesnolikih i makrofaunastih fragmenata, gvožđe-alevrolitskih fragmenata, malo liskuna i akcesornih minerala. Veličina sastojaka kreće se od 0,063 mm do 0,5 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je burna.



Sl. 5. Makroizgled uzoraka ostatka na situ 0,063 mm ležišta "Žabalj"

LEŽISTE „NADALJ”

Na1

Uzorak je sivobeličaste boje. U uzorku je prisutna krupna frakcija veličine do 6 mm. Peskovitu frakciju čine makrofaunasti fragmenti – ostaci školjki i puževa, u većoj količini zastupljeni, alevrolitski fragmenti makroflorni fragmenti i akcesorni minerali. Sitnopeskovitu frakciju čine makrofaunasti fragmenti, alevrolitski fragmenti, kvarc, malo liskuna i akcesorni minerali. Veličina sastojaka u uzorku se kreće od 0,063 mm do 6 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je burna.

Na 2

Uzorak je sivobeličaste boje. Prisustvo krupne frakcije je evidentno u uzorku i veličina sastojaka krupne frakcije kreće se do 7 mm. Peskovita frakcija sadrži makrofaunaste fragmente sastavljene od ostataka puževa i školjki, alevrolitske fragmente i akcesorne minerale. Sitnopeskovita frakcija

se sastoji od makrofaunastih fragmenata, kvarca, alevrolitskih fragmenata i akcesornih minerala. Veličina sastojaka kreće se do 7 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je burna.

Na3

Boja uzorka je sivožućkasta. U uzorku je prisutna krupna frakcija veličine do 12 mm. Peskovita frakcija se sastoji od makrofaunastih fragmenata od školjki i puževa, limonitiziranih fragmenata, alevrolitskih fragmenata, kvarca, makroflornih fragmenata i akcesornih minerala. Sitnopeskovita frakcija se sastoji, takođe, od makrofaunastih fragmenata puževa i školjki, limonitiziranih fragmenata, alevrolitskih fragmenata, kvarca i akcesornih minerala. Veličina sastojaka u uzorku kreće se od 0,063 mm do 12 mm. Reakcija uzorka sa 5% HCl je burna.



Sl. 6. Makroizgled uzoraka ostatka na situ 0.063 mm ležišta "Nadalj"

ZAKLJUČCI

Na osnovi ispitanih makroskopskih i mikroskopskih karakteristika može se zaključiti sledeće:

Ostaci na situ 0,063 glina ispitanih ležišta razlikuju se po svojim karakteri-

stikama. U pojedinim ostacima na situ preovladava kvarc kao osnovni sastojak, dok u drugim karbonatni sastojci bilo da je u pitanju krečnjak, kalcit, lesne lutkice ili makrofaunasti fragmenti, to jest, ostaci školjki i puževa.

UDK: 622.361:681.5(045)=861

*D. Kržanović, Z. Vaduvesković**

DEFINISANJE BLOK-MODELA LEŽIŠTA KALCITA “POTAJ ČUKA” PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA “GEMCOM”

BLOCK MODEL DEFINING OF THE POTAJ ČUKA CALCITE DEPOSIT BY THE USE OF GEMCOM SOFTWARE

Izvod

U radu je data metodologija definisanja blok-modela na primeru ležišta „Potaj čuka“ primenom softvera za projektovanje Gemcom.

Geološka baza podataka napravljena je od podataka iz istražnih bušotina. Procena blok-modela za korisne i štetne komponente izvršena je metodom inverzne distance.

Ključne reči: programski paket Gemcom, blok model,.

Abstract

In this paper is given methodology of define block model for instance deposit Potaj Čuka by using software for designing Gemcom.

Geologic database is built from datum from investigating drill-holes. Appraisal block model for commercial and deterimental commponents is accomplished by method of inverse distance.

Key words: software Gemcom, block model, accounting minable reserves.

UVOD

Programski paket „GEMCOM“ koji poseduje Institut za bakar Bor koristi se, pored geološkog modelovanja ležišta i obračuna geoloških, odnosno eksploatacionih masa, i za projektovanje površinskih kopova i utvrđivanje dinamike otkopavanja. U Institutu za bakar Bor urađeno je mnogo projekata, analiza i studija, kao i geoloških elaborata korišćenjem pomenutog softvera. Kvalitet urađene projektne dokumentacije svakako je jedan od osnovnih razloga zašto je primena ovog i sličnih softvera postala neminovnost i standard u projektovanju rudnika u svetu. Pored kvaliteta, jedna od

bitnih karakteristika je i drastično smanjenje vremena izrade projekata, što je u današnjim tržišnim uslovima od izuzetnog značaja pri dobijanju poslova i sklapanja povoljnih finansijskih ugovora.

Prvi korak pri projektovanju jednog rudnika jeste geološko modelovanje ležišta na osnovu podataka koji su dobijeni istražnim radovima. U radu je prikazan način definisanja blok modela ležišta kalcita „Potaj čuka“, što je kasnije poslužilo kao osnova za projektovanje površinskog kopa i dinamike otkopavanja, kao i proračun eksploatacionih masa kalcita.

* Daniel Kržanović, dipl.inž.rud., Zoran Vaduvesković, dipl.inž.rud.,
Institut za bakar Bor

DEFINISANJE BLOK-MODELA

Interpretacija ležišta i okolnog prostora u obliku blok-modela podrazumeva podelu prostora koji zahvata ležište, na blokove pravilnih dimenzija. Za ležište “Potaj čuka” dimenzije blokova usvojene su na osnovu definisane visine etaže. Tako je usvojeno da su dimenzije jednog bloka međusobno jednake i da su 10x10x10 m.

Na osnovu podataka iz istražnih bušotina – prema *Elaboratu o rudnim rezervama ležišta kalcita “Potaj čuka”*, sačin-

jena je geološka baza podataka (PMDDBPC).

U bazu podataka uneti su sledeći elementi :

1. najpre su unete koordinate usta istražnih bušotina i procenat jezgra
2. iz proba (*assays*) - podaci o litološkim intervalima jezgra bušotina,

HOLE ID	LOCATION[X]	LOCATION[Y]	LOCATI	LENGTH	PRIMEDEBA
1	L-13	7571607.12	4898105.40	321.08	31.20 Jezgro 100%
2	L-14	7571595.23	4898264.04	822.80	42.00 Jezgro 100%
3	L-15	7571443.69	4898421.04	821.95	50.00 Jezgro 94%
4	L-16	7571439.49	4898257.78	823.27	50.00 Jezgro 67%
5	L-19	7571758.70	4898100.10	857.57	75.00 Jezgro 94%
6	L-22	7571288.25	4898418.35	801.80	22.00 Jezgro 100%
7	L-27	7571691.93	4898027.46	821.49	50.00 Jezgro 100%
8	L-28	7571609.23	4898029.67	812.27	50.00 Jezgro 87%
9	L-29a	7571618.02	4898026.70	812.33	50.70 Jezgro 99%
10	L-30	7571683.95	4898106.43	844.20	16.00 Jezgro 94%
11	L-30a	7571682.83	4898114.30	845.53	18.00 Jezgro 78%
12	L-31	7571444.93	4898184.80	813.90	50.80 Jezgro 96%
13	L-35	7571616.60	4898184.02	842.66	60.00 Jezgro 88%
14	L-36	7571524.10	4898100.15	829.20	59.30 Jezgro 85%
15	L-37	7571516.27	4898105.76	812.30	47.20 Jezgro 90%
16	L-39	7571519.18	4898272.87	832.23	39.00 Jezgro 92%
17	L-39a	7571517.88	4898274.78	833.08	55.00 Jezgro 81%

HOLE ID	FROM	TO	CAO %	MGO %	GRIZAR %	SI02 %	AL2O3 %	FE2O3 %	SI03 %	K2O	P2O5
1	L-13	0.00	2.00	53.04	0.82	0.00	0.00	0.32	0.23	0.00	0.00
2	L-13	2.00	4.00	52.41	0.87	0.00	0.00	0.09	0.11	0.00	0.00
3	L-13	4.00	6.00	53.72	0.80	0.00	0.00	0.12	0.04	0.00	0.00
4	L-13	6.00	8.00	55.80	0.82	0.00	0.00	0.22	0.04	0.00	0.00
5	L-13	8.00	10.00	53.67	0.66	0.00	0.00	0.24	0.10	0.00	0.00
6	L-13	10.00	12.00	53.69	0.63	0.00	0.00	0.26	0.11	0.00	0.00
7	L-13	12.00	14.00	54.20	0.49	0.00	0.00	0.20	0.13	0.00	0.00
8	L-13	14.00	16.00	54.38	0.88	0.00	0.00	0.09	0.15	0.00	0.00
9	L-13	16.00	18.00	54.77	0.47	0.00	0.00	0.26	0.16	0.00	0.00
10	L-13	18.00	20.00	54.63	0.55	0.00	0.00	0.25	0.10	0.00	0.00
11	L-13	20.00	22.00	54.00	0.47	0.00	0.00	0.32	0.23	0.00	0.00
12	L-13	22.00	24.00	54.29	0.42	0.00	0.00	0.29	0.21	0.00	0.00
13	L-13	24.00	26.00	53.89	0.06	0.00	0.00	0.24	0.12	0.00	0.00
14	L-13	26.00	28.00	54.55	0.04	0.00	0.00	0.19	0.18	0.00	0.00
15	L-13	28.00	31.00	53.38	0.05	0.00	0.00	0.23	0.07	0.00	0.00

Sl. 1. Baza podataka o istražnim bušotinama

3. litološkim podacima (lithology) dodeljeni su odgovarajući kodovi po vrstama stena i to sa kodom 1 za jaslavinske stene i kodom 11 kalcita – rudne stene ili korisna mineralna sirovina,
4. takođe su definisani i elementi korisnih i štetnih komponenti kalcita (sl. 2) i uneti u bazu podataka (assays)

Grade	Decimals
CAO%	2
MGO%	2
AL2O3	2
FE2O3	2

Sl. 2. Elementi sadržaja

U tabeli 1 dat je LISTING ulaznih podataka:

Tabela 1.

```
-----  
TerraCAD Drafting Services Ltd.      POTAJ CUKA_KALCITI  
C:\PMDBPC  Gemcom Rockcode/Grade Element Listing  
-----  
Rock Code Profile: KLC  
General:  
Comment = Kalcit CaO%  
Rock Type = Ore  
Density = 2.65  
Colour = Blue  
Block Model Code = 11  
Block Model Folder =  
-----  
Rock Code Profile: JAL  
General:  
Comment = Jalovina _humus  
Rock Type = Waste  
Density = 2.0  
Colour = Brown  
Block Model Code = 1  
Block Model Folder =  
-----  
Rock Code Profile: AIR  
General:  
Comment = vayduh  
Rock Type = Waste  
Density = 0.0  
Colour = Green  
Block Model Code =0  
-----  
Total rocktypes = 3  
-----  
Grade Elements:  
Grade Element = CAO%, Decimals = 2  
Grade Element = MGO%, Decimals = 2  
Grade Element = AL2O3, Decimals = 2  
Grade Element = FE2O3, Decimals = 2  
-----
```

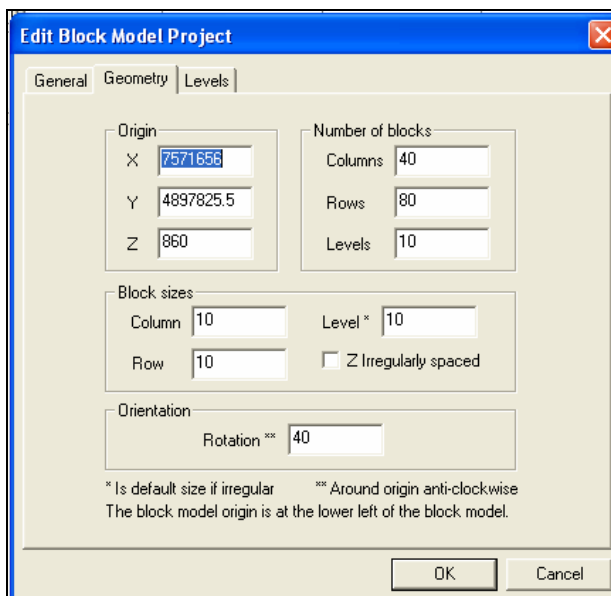
Sa prikazanim načinom unetih elemenata i formiranom bazom, urađen je kompozit za sve unete bušotine na rastojanju od 10 m po stubu bušotina, koliko iznosi visina etaže.

Na osnovu svih podataka urađen je MEX fajl kao u prilogu (deo Mex-fajla kao ilustracija sa prikazom hedera-tabela 2):

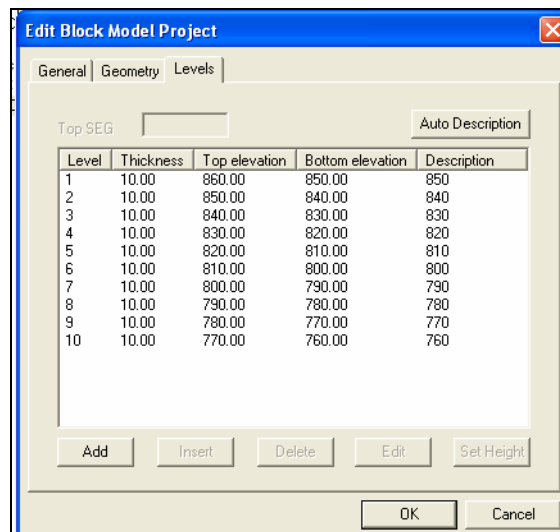
Tabela 2.

TerraCAD Drafting Services Ltd.		Gemcom Software by GEMCOM			
POTAJ CUKA_KALCITI		Extracted Data Display			
Description: PODACI IZ BUSOTINE					
Northing	Easting	Elevation	Real Value	Int Value	String
4898105.50	7571607.00	830.08	0.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	828.08	2.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	826.08	4.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	824.08	6.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	822.08	8.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	820.08	10.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	818.08	12.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	816.08	14.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	814.08	16.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	812.08	18.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	810.08	20.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	808.08	22.0000	0	L-13
4898105.50	7571607.00	806.08	24.0000	0	L-13

Dalji postupak kreiranja blok-modela je tačkom čiji su elementi prikazani na slikama kreiranja prema blok modela sa baznom 3 i 4.

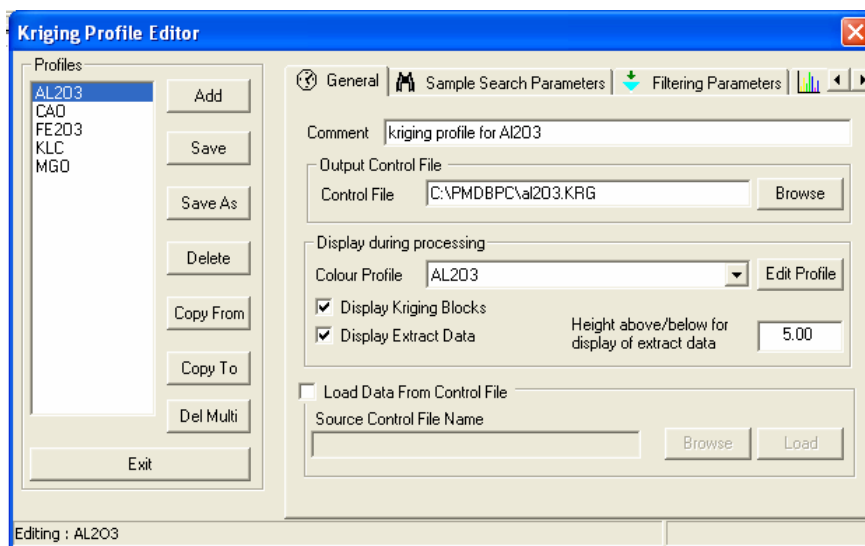


Sl. 3. Koordinate temena blok-modela i elementi



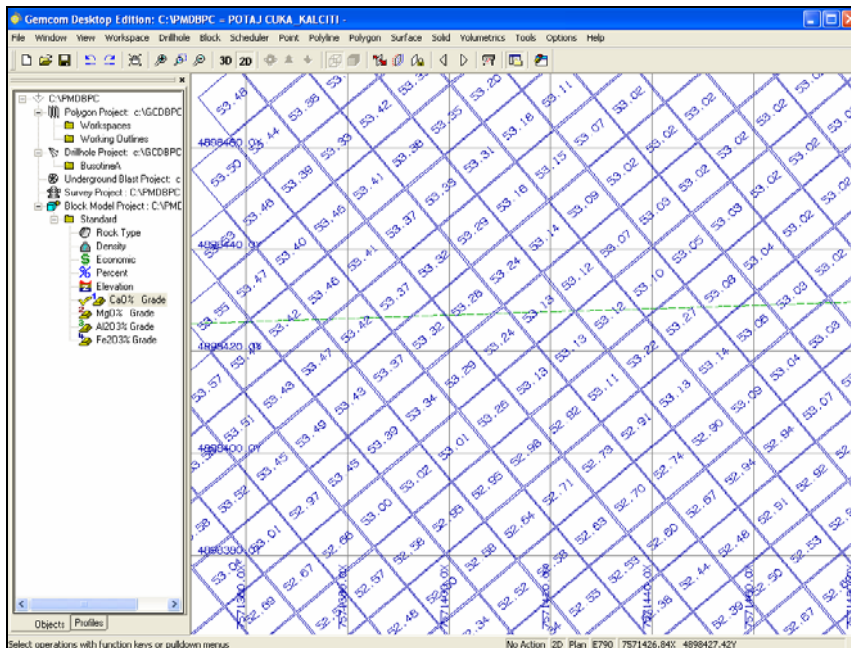
Sl. 4. Elementi nivoa u blok-modelu

Metodom inverzne distance na osnovu CaO , MgO –korisne komponente i za MEX-fajla definisan je blok model za Fe_2O_3 i Al_2O_3 – štetne komponente

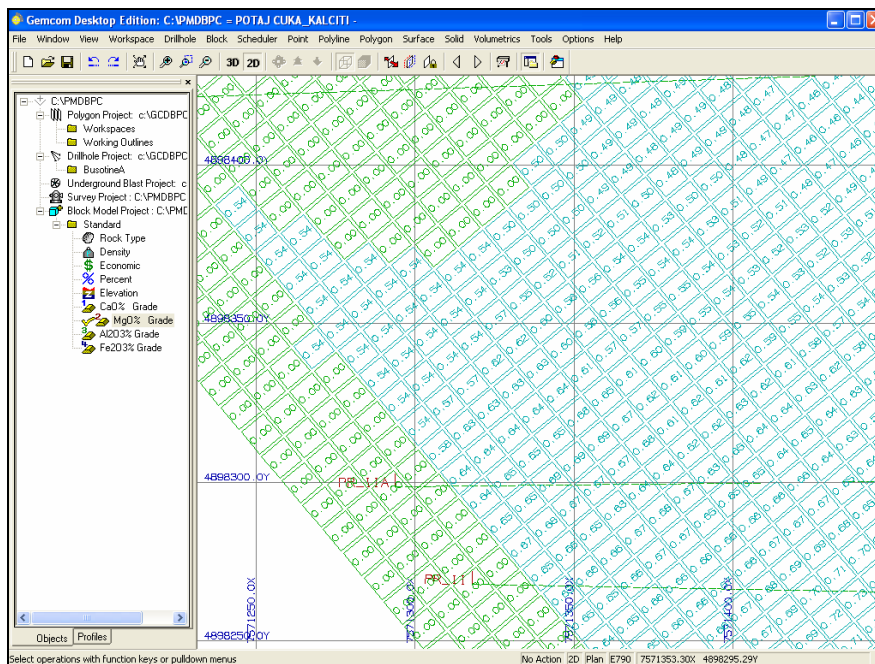


Sl. 5. Interface Kriging profile editora – odabrana je metoda ID uobičajena za ležišta nemetala

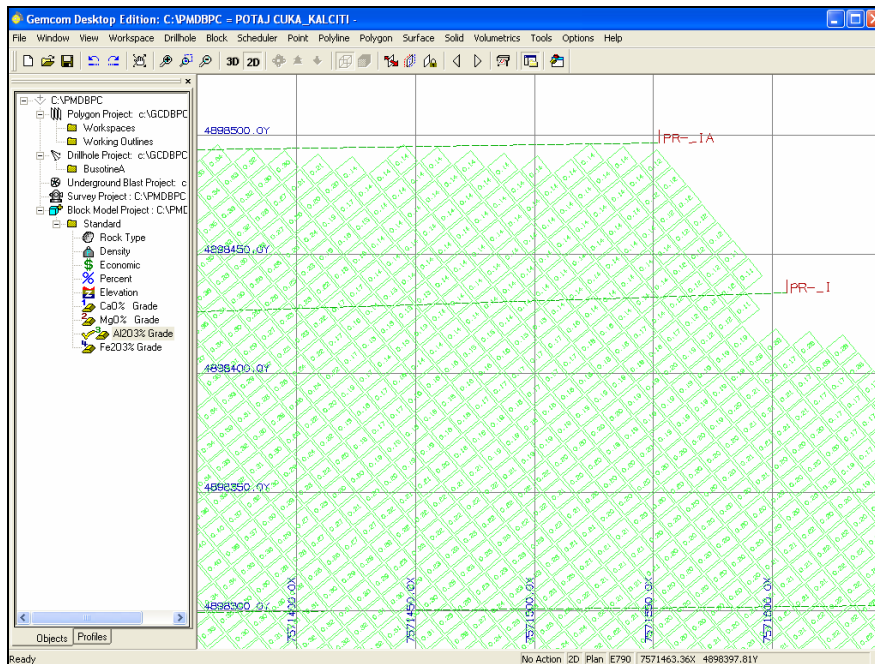
Ilustracija blok-modela je data na primerima jedne etaže (dimenzije bloka su 10x10x10 m):



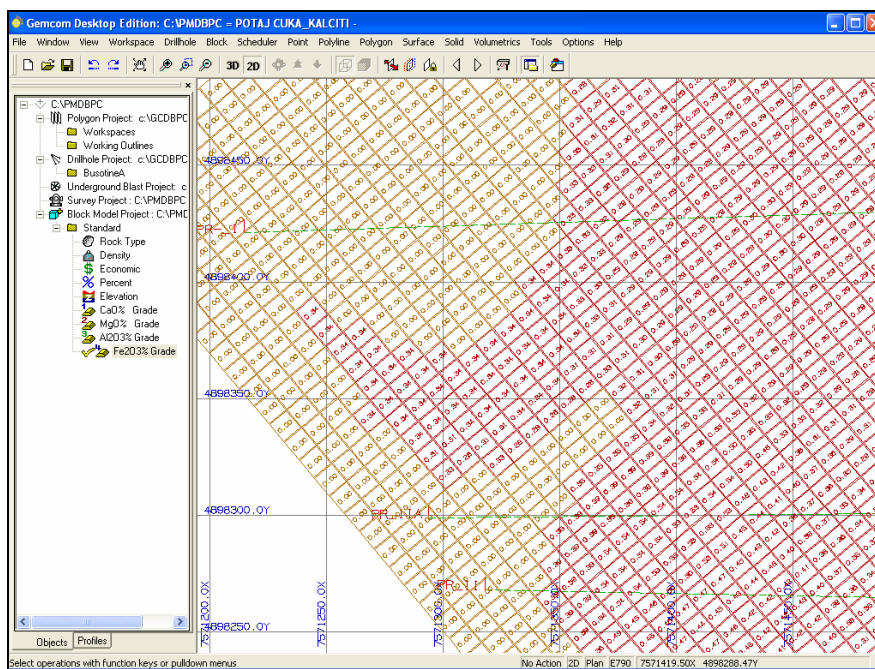
Sl. 6. Primer blok-modela na E 790 m za CaO



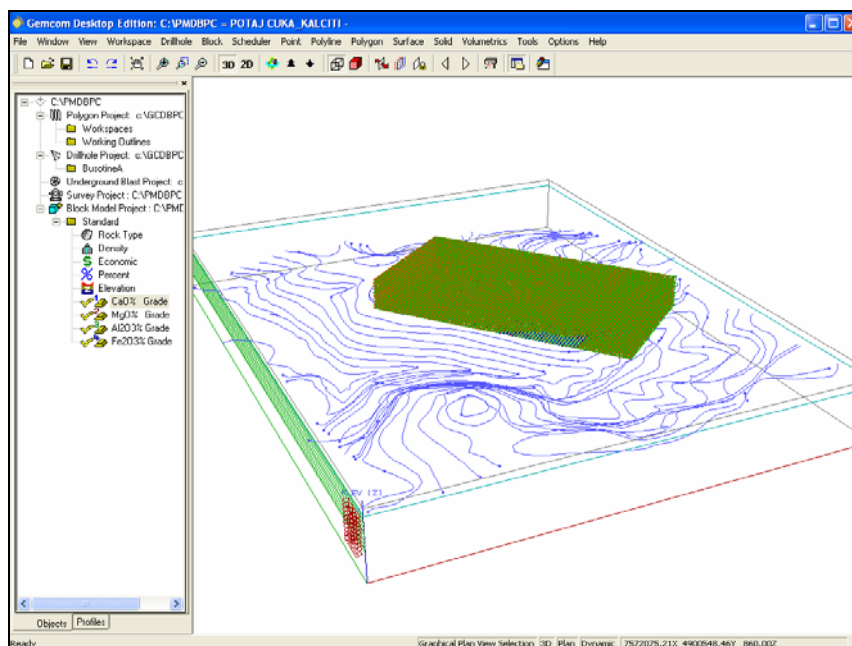
Sl. 7. Primer blok-modela na E 790 m za MgO (zelena boja je vazduh)



Sl. 8. Primer blok-modela na E 790 m za Al_2O_3



Sl. 9. Primer blok-modela na E 790 m za Fe_2O_3 (0.000 – vazduh)



Sl. 10. Izgled i lokacija blok modela (iznad terena je ROCK Cod 0 –vazduh)

Blok model je u kasnijem projektovanju korišćen za obračune masa po etažama, izradu dinamike otkopavanja, definisanje potrebnog kvaliteta mineralne sirovine i dr.

ZAKLJUČAK

Geološko modelovanje ležišta i projektovanje rudarskih radova primenom programskog paketa „GEMCOM“ moguće je izvršiti po svim svetski priznatim standardima.

Na primeru ležišta kalcita „Potaj čuka“ prikazana je metodologija definisanja

blok-modela, što predstavlja prvu fazu u daljem projektovanju površinskog kopa.

LITERATURA

1. GEMCOM USER MANUAL – SOFTWARE FOR OREBODY MODELLING AND MINE PLANNING, Vancouver, Canada, 1995
2. GLAVNI RUDARSKI PROJEKAT EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA KALCITA POTAJ ČUKA, Institut za bakar, Bor, 2007

UDK: 622.68:681.3(045)=861

*R. Rajković, B. Rajković, R. Lekovski**

PRORAČUN POPREČNOG PRESEKA MATERIJALA NA TRACI METODOM RACIONALNIH PARAMETARA

CALCULATION OF MATERIAL CROSS SECTION ON CONVEYOR BELT BY THE USE OF RATIONAL PARAMETER METHOD

Izvod

U članku je prikazan algoritam proračuna površine poprečnog preseka materijala na transportnoj traci metodom racionalnih parametara za trake sa dve, tri i pet nosećih valjaka u slogu. Najznačajniji uticajni činioci na površinu poprečnog preseka materijala na traci su noseća širina trake, nagib nosećih valjaka i ugao držanja materijala pri kretanju trake.

***Ključne reči:** Poprečni presek materijala na traci, metod racionalnih parametara, algoritam*

Abstract

In this article is shown the algorithm for calculation of the cross section area of the material on belt conveyor by the method of rational parameters for the belts with two, three and five rollers in unit. The most important affective factors on the cross section area are the bearing width of belt, bearing rollers inclination and the angle of material at moving.

***Key words:** Cross section area of the material on the belt conveyor, method of rational parameter, algoritam*

UVOD

Proračun tačne veličine i određivanje optimalnog oblika poprečnog preseka materijala na traci je najvažniji element za proračun časovnog kapaciteta. Suština problema se svodi na određivanje optimalnih geometrijskih parametara valjaka koji omogućuju najveći mogući poprečni presek materijala na traci, pri nepromenjenim ostalim uticajnim parametrima.

Površina poprečnog preseka materijala na traci nije konstantna veličina, na nju utiču brojni faktori, pa se najtačnije može

eksperimentalno odrediti za konkretne uslove.

Pri rešavanju konstruktivnih parametara nosećih valjaka sa aspekta tehnološke efektivnosti treba nastojati da se ostvari što veća okonturena površina poprečnog profila materijala i njegovo čuvanje od prosipanja pri transportovanju vodeći strogo računa o dinamičkim dejstvima koja će uticati na njegovo smanjenje.

* Mr Radmilo Rajković, dipl. inž. rud. IBB, Branislav Rajković, dipl. inž. maš. TIR, dr Ružica Lekovski, dipl. inž. rud. IBB

METOD RACIONALNIH PARAMETARA

Najrealniji proračun površine poprečnog preseka materijala na traci dobija se po metodu koji u opštem analitičkom obrascu obuhvata sve elemente koji ga definišu, a koji su matematički usklađeni i povezani. Samo takav metod može imati opisani karakter.

Klasifikacija materijala prema određenim osobinama ima za cilj stvaranje platforme za postizanje racionalnih odnosa u konstrukciji trake, odnosno njenih nosećih elemenata radi postizanja što veće efektivnosti. Uspostavljanje racionalnih odnosa između elemenata postrojenja neophodno je jer se širina trake proračunava u zavisnosti od zahtevanog časovnog kapaciteta, od granulacije materijala, pa i od ukupnog zatezanja trake. Noseća širina trake zavisi i od dinamičkih dejstava i stepena tačnosti centriranja trake i održavanja centriranja za vreme rada. Tehnički parametri nosećih valjaka zavise od opterećenja, elastičnosti trake, uslova rada i karakteristika materijala.

Nemoguće je tačno ustanoviti stepen uticaja dinamičkih dejstava, konstruktivnih osobina postrojenja, nagiba njegove transportne putanje i načina utovara materijala na traku.

Sve ovo bitno utiče na formiranje oblika poprečnog preseka materijala na traci, a ne postoji mogućnost tačne procene stepena uticaja svih faktora i njegove matematičke zastupljenosti u konačnom obrascu. Otuda se mora naći najadekvatniji način zamene, odnosno kompenzacije svih faktora nekim zajedničkim, ali i dovoljno realnim elementima koji će verodostojno zamenjivati njihov uticaj.

Radi realnijeg utvrđivanja racionalnog nagiba nosećih valjaka, odnosno tačnije veličine koeficijenta površine profila ψ , ovaj problem će se rešavati pri kretanju materijala, odnosno po metodu racionalnih parametara.

Principijelna razlika između metoda optimalnih i racionalnih parametara je u

tome što kod optimalnih odnosa figurira u proračunu površine ukupna širina trake B i ugao nagiba materijala u stanju mirovanja φ , a kod racionalnih odnosa noseća širina trake b i ugao nagiba materijala u stanju kretanja φ_k , odnosno njemu adekvatne racionalne računске vrednosti φ_r . U rudarstvu je nemoguće koristiti sa punim vrednostima B i φ jer bi dolazilo do prosipanja materijala sa trake usled dinamičkih dejstava, ekscentričnosti trake, zbog udaranja materijala u usmeravajuće valjke, zbog smanjenja širine usled habanja ivica trake itd.

Površina porečnog preseka materijala na traci sastoji se od oklopljene površine i slobodno formirane površine (slika 1). Proračun oklopljene površine je relativno jednostavan i svodi se na proračun površine poligona čiji oblik zavisi od broja i rasporeda nosećih valjaka. Imajući u vidu značaj dinamičkih dejstava, konstruktivnih osobina transporterera i osobina materijala na formiranje oblika poprečnog preseka, a na osnovu snimanja i praćenja oblika profila kod traka u radu, prema [1] utvrđeno je da nije isti oblik slobodno formiranog dela profila materijala na traci za sve vrste materijala i sve vrste traka.

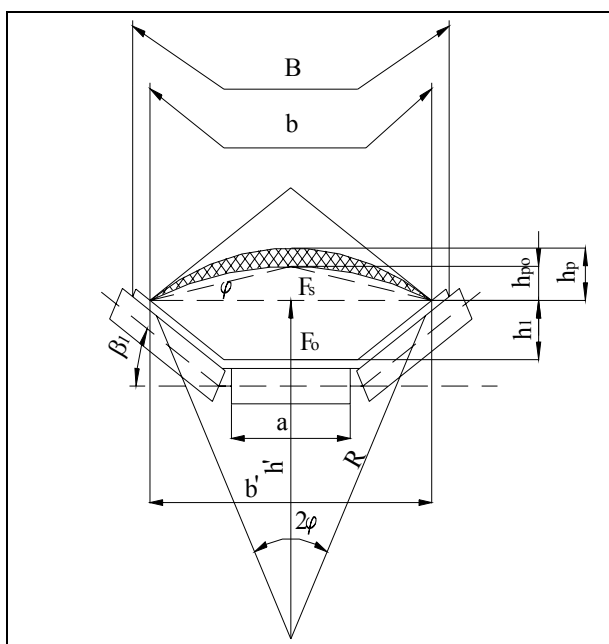
Površina slobodnog dela profila u praksi može imati samo formu paraboličkog ili kružnog odsečka upisanih u trouglu sa osnovicom jednakoj nosećoj širini trake b , i kracima koji predstavljaju granične klizne ravni ispod kojih ne može doći do prosipanja materijala. Utvrđivanje granice između kružnog i paraboličkog odsečka je veoma složen problem jer su brojni faktori koji tu granicu uslovljavaju i određuju. Ti faktori su: vrsta oblika čestica materijala na traci, njegova granulacija, vlažnost, nasipna masa, način utovara, nagib trase, dinamička dejstva transporterera. Tačan oblik poprečnog preseka slobodnog dela materijala na traci može se odrediti samo eksperimentalno u toku rada.

Pri daljoj analizi usvaja se da slobodni deo profila materijala na traci ima oblik jednakokrakog trougla, sa osnovicom koja je jednaka nosećoj širini trake b , i kracima

čiji je ugao u odnosu na osnovicu računski vrednost ugla držanja materijala pri kretanju φ_r .

Racionalni parametri istražuju se prema nosećoj širini trake b kao osnovici svih profila, u funkciji od φ_r , β i m . Da bi se ostvarila što veća oklopljena površina poprečnog preseka materijala na traci, neophodno je određivati β i m kao kon-

struktivne elemente postrojenja u funkciji od φ_r jer samo njihova međusobna uslovljenost može omogućiti maksimalno moguću profil. Ukoliko je ugao β manji utoliko je i manji deo oklopljene površine, a slobodna površina je veća jer sa smanjenjem β raste njegova osnovica i visina.



SI. 1. Poprečni presek materijala na traci po metodu racionalnih parametara

Analiza površine poprečnog preseka materijala na traci u funkciji nagiba nosećih valjaka ima smisla za noseće konstrukcije sa fiksnim valjcima, kod kojih za razliku od konstrukcije sa nosećim užadima, ugao nagiba nosećih valjaka ima fiksnu vrednost, pri svim radnim uslovima.

Za materijal sa određenim uglom držanja na traci koja se kreće, površina preseka, kod trake poznate širine, određuje se zavisno od ugla nagiba nosećih valjaka $F = f(\beta)$. Određivanje optimalnog oblika koji omogućuje maksimalnu površinu poprečnog preseka materijala na traci, svodi

se na određivanje nagiba nosećih valjaka

za koji je $F = F_{\max}$, odnosno: $\frac{\delta F(\beta)}{\delta(\beta)} = 0$

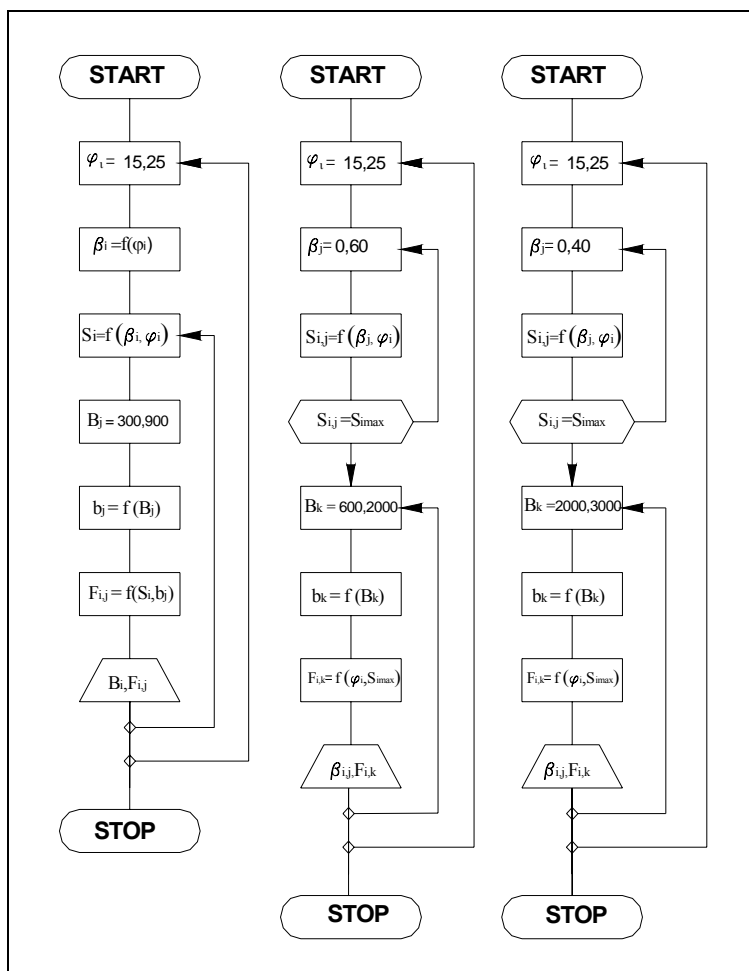
U proračunima nisu uzeti u obzir svi faktori, niti se može znati tačan stepen uticaja svakog od njih na površinu profila i konstrukciju valjaka. Ne može se tačno odrediti ni njihov ukupni uticaj, posebno uticaj dinamičkih dejstava. Zato je glavna pažnja posvećena najuticajnijim faktorima:

- nosećoj širini trake b ,
- nagibu nosećih valjaka β ,
- koeficijentu oblika profila m ,
- ostali faktori su kompenzirani uglom nagiba materijala pri kretanju φ_k .

Određena je funkcionalna zavisnost koeficijenta oblika profila od noseće širine trake, nagiba nosećih valjaka i ugla nagiba materijala pri kretanju prema [2], pa se maksimalna vrednost površine poprečnog preseka materijala na traci dobija kao funkcija:

- $F_{\max} = f(\varphi_k)$ za trake sa dva noseća valjka u slogu,
- $F_{\max} = f(b, \varphi_r, \beta_1)$ za trake sa tri noseća valjka u slogu, i
- $F_{\max} = f(b, \varphi_r, \beta_2)$ za trake sa pet nosećih valjaka u slogu.

Na osnovu navedenog definisan je algoritam čijom primenom je moguće odrediti optimalne veličine nagiba nosećih valjaka po kriterijumu postizanja maksimalnog kapaciteta. Na slici 2 prikazan je algoritam proračuna maksimalnih površina poprečnog preseka materijala na traci za trake sa dva, tri i pet valjaka u nosećem slogu.



Sl. 2. Algoritam proračuna optimalnog nagiba nosećih valjaka

Iz rezultata proračuna dobijaju se vrednosti nagiba nosećih valjaka za koje je površina poprečnog preseka materijala na traci maksimalna, pri definisanoj širini trake i vrsti transportovanog materijala.

ZAKLJUČAK

Transport je najsloženija i najskuplja faza dobijanja mineralnih sirovina, čiji troškovi premašuju polovinu ukupnih troškova jednog rudnika. Zbog toga je osnovni zadatak nalaženje novih konstrukcija i sklopova transportnih mašina i uređaja, tehnoloških šema njihove primene, i optimizacija tehničko – ekonomskih parametara u cilju smanjenja troškova transporta. U masovnoj proizvodnji sredstva kontinualnog transporta preuzimaju primat u odnosu na uređaje i mašine cikličnog dejstva. Naročito su favorizovani transporteri sa trakom kao glavni predstavnici kontinualnog transporta i tehnološke šeme njihovih primena. Optimizacija transporter sa trakom je glavni zadatak čijim se rešavanjem usavršava i postiže ekonomičnija primena. Osnovni zahtev pri radu transporter sa trakom je obezbeđenje najpovoljnijih uslova rada trake jer je ona najskuplji deo postrojenja i od nje zavisi efektivnost transporta.

Površina poprečnog preseka materijala na traci je osnovna veličina koja direktno utiče na kapacitet transporta. Zavisi od širine trake, dužine nosećih valjaka i njihovog nagiba, kao i vrste transportovanog materijala. Jedan od načina povećanja efektivnosti transporter sa trakom, bez povećanja širine i brzine trake, jeste izmena geometrijskog oblika poprečnog preseka materijala na traci izborom racionalne dužine valjaka i njihovog nagiba,

koji omogućava najveću površinu preseka materijala na traci.

Izborom nagiba nosećih valjaka moguće je ostvariti:

- veći kapacitet transporta pri ostalim nepromenjenim tehničkim karakteristikama transporter sa trakom,
- smanjenje normativnih troškova električne energije potrebne za ostvarenje zadatog kapaciteta,
- smanjenje potrebnog broja radnih časova za ostvarenje zadatog kapaciteta,
- smanjenje brzine kretanja trake potrebne za ostvarenje zadatog kapaciteta.

U proračunu su definisani najznačajniji uticajni parametri, ali nagib nosećih valjaka zavisi od niza faktora koji nisu posebno definisani. Oni se mogu potpuno definisati jedino eksperimentalno, u konkretnim uslovima rada transporter. Zato ostaju otvoreni putevi za dalje analize i eksperimentalna istraživanja u cilju sagledavanja uticaja svih faktora na nagib nosećih valjaka, kako bi se izvršila korektna optimizacija i povećala ekonomičnost transporter sa trakom.

LITERATURA

1. R. Borović: Transportne trake, Rudarsko – geološki fakultet Beograd, 1987.
2. R. Rajković: Kapacitet transportnih traka u funkciji nagiba nosećih valjaka, Magistarski rad, Tehnički fakultet Bor, 2005.
3. M. Grujić: Transport i izvoz u rudnicima, Rudarsko – geološki fakultet Beograd, 1997.

UDK: 622.4:622.722(045)=861

*B. Bogdanović *, P. Dašić***

POGODNOSTI ODRŽAVANJA VAZDUŠNIH VENTILATORA I BEZBEDNOST NA RADU U RUDNIKU SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM

EVALUATION OF MAINTENANCE THE AIR-DRIVEN FANS AND WORK SAFETY IN THE UNDERGROUND MINE

Izvod

U ovom radu, na osnovu statističkih podataka dobijenih iz eksploatacije vazdušnih ventilatora na pogon komprimiranog vazduha, a koji se koristi za depresiono provetravanje jamskih prostorija, ocenjena je funkcija pogodnosti održavanja kao kumulativne funkcije verovatnoće. Na osnovu dobijene ocene analizirano je srednje vreme trajanja korektivnih održavanja, kao i ispunjavanje taktičko-tehničkih zahteva.

Ključne reči: pogodnost održavanja, postupci održavanja, vreme trajanja održavanja.

Abstract

In this paper, based on statistical data which are taken from air-driven fan for the exhaust ventilation mining workings, evaluation of the maintainability was carried out using the distribution method of long – lasting time of the procedure of maintenance like the cumulative function of probability. Based on the obtained evaluation the analysis of the Mean Time To Repair (MTTR) was carried out as well as the meeting the tactical-technical requirements.

Key words: maintainability, procedure of maintenance, long-lasting time of maintenance.

UVOD

U rudniku antracita “Vrška čuka” separatno provetravanje slepih jamskih prostorija isključivo se vrši depresionim načinom u odnosu na druge rudnike sa jamskom eksploatacijom i na taj način svež vazduh se čitavom prostorijom dovodi do čela radilišta, a zagađen i istrošen

vazduh sa čela radilišta se pomoću vazdušnih ventilatora odvodi vetrenim cevima u izlaznu vazdušnu struju. U operativnim uslovima vrlo često je skopčano donošenje upravljačke odluke od strane operativnih rukovodilaca u cilju remonta ili zamene pojedinih elemenata tehnološkog sistema. U realnim uslovima upravljanja tehničkim procesima i transporta korisne mineralne

* Mr B. Bogdanović, dipl. inž. rud. Rudnik antracita “Vrška čuka” - Avramica; Zaječar,

** Mr Predrag Dašić, dipl. maš. inž. Viša mašinska škola Kruševac

sirovine u podzemnoj eksploataciji, postavljaju se zahtevi da instalisani tehnički sistemi obezbede:

- sigurnost i kontinuitet procesa proizvodnje i
- bezbednost radnika na radnom mestu i tehničkih sistema.

Tehnički sistemi u realnim uslovima rada mogu se naći u jednom od dva stanja:

$$x(t) = \begin{cases} 1, & \text{system u radu} \\ 0, & \text{system u otkazu} \end{cases}, \quad (1)$$

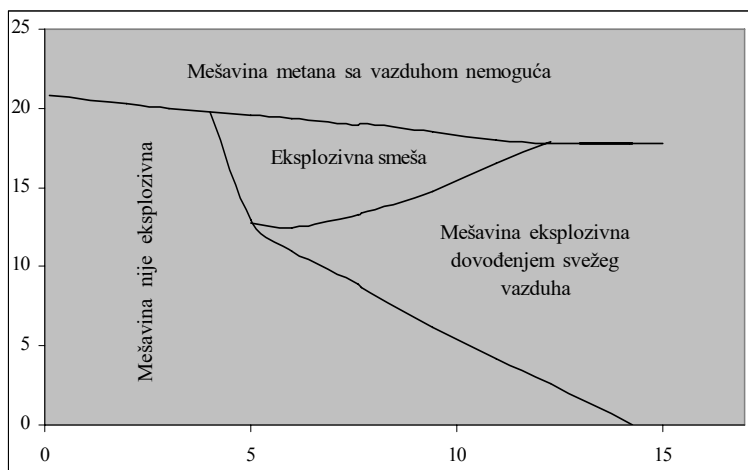
Kada se sistem nađe u otkazu, tada dolazi do:

- neostvarivanja planiranih kapaciteta i
- teških ili smrtnih povreda radnika sa dalekosežnim posledicama.

Sve to povlači za sobom izgubljeno vreme, troškove, nepovoljne tehnološke efekte, a u određenim slučajevima i ozbiljne pretnje po ličnu bezbednost uposlenih radnika i tehničkih sistema.

EKSPLOZIVNI GASOVI U RUDNICIMA UGLJA

U većina rudnika uglja sa jamskom eksploatacijom pojavljuje se metan. To je gas bez boje mirisa i ukusa, zapaljiv je u granicama 0 - 4,9%, eksplozivan 4,9 - 14,2% i zagušljiv preko 14%, jer smanjuje procenat kiseonika u vazduhu. Za potpuno sagorevanje metana, najpodesnija smesa je onog vazduha koji sadrži 9,5% metana i 19,0% kiseonika. Pri takvoj smesi dejstvo eksplozije je najjače, zato što se sva količina metana veže sa celokupnim kiseonikom iz vazduha, pri čemu se, nakon eksplozivnog sagorevanja, stvara najveća količina ugljen-monoksida i vodene pare. Granica eksplozivnosti zavisi od smese vazduha, pa ako vazduh ima više azota ili ugljen-dioksida, donja granica eksplozivnosti se pomera naviše. Sa povećanjem temperature i atmosferskog pritiska donja granica paljenja smese vazduha i metana opada. Granice eksplozivnosti smese metana i vazduha prikazane su na slici 1.



Sl. 1.

Posle eksplozije praskavog gasa razvija se velika količina toplote, gde dolazi do koksovanja uglja i ugljenisanja drvene podgrade u predelu gde se eksplozija

dogođa. Zapremina gasova posle eksplozije za 10 puta je veća nego što je bila pre eksplozije.

U Srbiji je od 1929. godine bio veći broj rudarskih nesreća, zbog nepridržavanja svih mera zaštite i obezbeđenja sigurnosti na radu (1929. Rtanj - 42 poginula; 1971. Vrška Čuka - 7 poginulih; 1974. Soko - 15 poginulih; 1977. Aleksinac - 7; 1978. Aleksinac - 36 poginulih, 1984. Rembas - 34 poginula; 1998. Soko - 90 poginulih).

POGODNOST ODRŽAVANJA

Pogodnost održavanja je posebno prikladna karakteristika za opisivanje sistema održavanja i predstavlja verovatnoću da će se potrebni postupci održavanja obaviti do određenog vremena pod određenim uslovima. Funkcija pogodnosti održavanja odnosi se neposredno na vreme u otkazu, odnosno na vreme trajanja održavanja. Pogodnost održavanja je muldidisciplinarna karakteristika, koja je usko povezana sa pouzdanošću tehničkog sistema, podsistema ili čak nekih važnih elemenata sistema. Funkcija pogodnosti održavanja, kao i savaka funkcija verovatnoće, predstavlja monotono rastuću funkciju. Zadatak po-

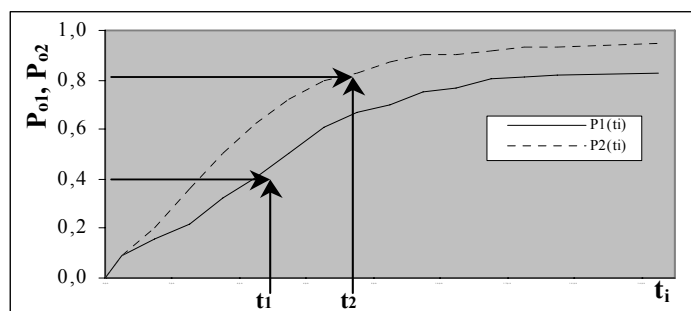
godnosti održavanja jeste da obezbedi maksimalnu gotovost sistema uz minimalne troškove održavanja i minimalne zastoje, odnosno minimalno vreme održavanja uz minimalnu logističku podršku.

Funkcija pogodnosti održavanja se, po definiciji, izražava u obliku:

$$P_o(t_i) = \int_0^{t_i} f(t_0) dt_0 \quad (2)$$

gde je: t_0 vreme trajanja postupka održavanja, a $f(t_0)$ funkcija gustine verovatnoće ovog vremena.

Za vreme trajanja postupka održavanja $t_0 = 0$ funkcija pogodnosti održavanja ima vrednost ravnu nuli, odnosno $P_o(0) = 0$. Ukoliko je vreme održavanja duže, biće veća i vrednost funkcije pogodnosti održavanja. Pri upoređenju dva sistema održavanja, bolji je onaj koji za isto vreme ima veću vrednost funkcije pogodnosti održavanja, pošto to znači da će se u njemu većina postupaka održavanja obaviti brže, za kraće vreme, kako se to vidi na slici 2, kriva P_{02} .



Sl. 2.

Pogodnost održavanja je naročito prikladna za ocene izvršenih izmena ili poboljšanja određenog sistema održavanja ili tehničkog sistema koji se odražava, a znatno manje ako se upoređuju različiti sistemi. Na pogodnost održavanja utiče veći broj faktora kao što su: uslovi eksploatacije, kvalitet sistema održavanja, kvalitet logističke podrške, a najveći uticaj ima unu-

trašnja (ugrađena, sopstvena) odnosno konstrukcijska pogodnost održavanja.

Konstrukcijske karakteristike cevnih ventilatora na pneumatski pogon, u pogledu pogodnosti održavanja, obuhvataju one faktore koji doprinose smanjenju vremena zastoja ili povećanju raspoloživosti ventilatora. A, to su:

- lakoća održavanja,

- svođenje zadatka preventivnog i korektivnog održavanja na minimum,
- svođenje logističke podrške na minimum, smanjenjem broja kvalifikacione strukture ljudstva, rezervnih delova i specijalne opreme za održavanje,
- smanjenje troškova logističke podrške.

Unutrašnja ili konstrukcijska pogodnost održavanja zavisi od unifikacije delova, sklopova, standardizacije delova, pogodnosti za dijagnostiku, manipulativnosti, dostupnosti pojedinih sklopova i delova i vrste alata i opreme koja se primenjuje za održavanje tehničkog sistema. Konstrukcijske karakteristike vazdušnog ventilatora za separatan provetravanje radilišta utiču na pogodnost njegovog održavanja preko brzine sprovođenja postupka održavanja što je tehnološka prilagođenost vazdušnog ventilatora.

Konstrukcijska pogodnost vazdušnog ventilatora predstavlja njegovu sposobnost da zadrži ispravno stanje putem preventivnog održavanja ili da se vrati u ispravno stanje putem korektivnog održavanja. Pogodnost vazdušnog ventilatora smanjuje njegovo vreme "u otkazu" čime se povećava gotovost i raspoloživost, a time i njegova ukupna gotovost.

U rudniku antracita "Vrška čuka" separatan provetravanje obavlja se pomoću cev-nih ventilatora Ø400 mm, tipa NN. Provet-rava se depresionim načinom tj. usisavan-jem vazduha sa čela radilišta. Ovaj način provetravanja ima osobinu da u cevovodu vlada potpritisak, pa se zagađen (otrovni i opasni gasovi) i zaprašen vazduh uvlače u cev i kroz njih izbacuje u istrošenu vaz-dušnu struju. Dotle svež vazduh dolazi na radno mesto čitavom prostorijom. Na taj način se postiže dobar efekat da na čelu radilišta uopšte nemamo zagađen i zaprašen vazduh. Međutim, čestice prašine koje se pod potpritisakom usisavaju pomoću venti-latora, kao i niz drugih faktora koji deluju, vremenom dovode do otkaza ventilatora, a samim tim i do prekida separatnog provet-ravanja, što ugrožava bezbednost radnika na radilištu. U takvim situacijama u poslovnom odlučivanju od strane opera-tivnih stručnih lica, zahteva se da se tehnički sistem (ventilator na pneumatski pogon) što pre vrati u ispravno stanje putem korektivnog održavanja. Pogodnost održavanja je, uglavnom, zavisila od vre-mena aktivnog održavanja i od ukupnog vremena u otkazu (kada su postupci održavanja praćeni dužim čekanjem). Zbog nedovoljnog prostora ovom prilikom određena je pogodnost održavanja u pos-tupku bez čekanja P_o za statistički skup podataka (128 podataka).

RAZMATRANJE PROBLEMA

Tabela 1.

Statistički podaci održavanja bez čekanja															
$t_o(h)$	5,50	2,42	6,50	1,42	12,00	5,42	10,50	8,75	3,50	5,75	2,75	6,50	3,67	5,17	4,67
$t_o(h)$	6,25	5,33	10,00	3,50	8,50	5,50	6,00	11,25	4,50	7,08	5,75	6,50	1,58	6,50	6,92
$t_o(h)$	8,33	5,25	3,00	5,58	6,50	3,67	5,17	11,33	6,75	14,25	2,67	2,50	3,50	8,50	6,00
$t_o(h)$	4,75	4,75	5,75	8,75	7,50	4,50	4,08	4,75	6,50	10,59	4,25	3,50	5,00	5,50	6,25
$t_o(h)$	8,25	12,75	6,50	5,75	2,42	8,75	5,25	5,34	6,50	8,50	5,00	1,75	6,25	4,00	4,75
$t_o(h)$	10,92	4,50	5,50	7,25	5,75	6,50	8,25	4,25	7,25	6,50	5,17	5,17	17,00	3,83	9,00
$t_o(h)$	5,00	7,00	8,58	6,67	6,92	13,25	5,25	3,50	7,08	6,50	8,67	5,25	10,66	4,75	4,00
$t_o(h)$	7,66	3,50	4,53	5,41	2,59	7,50	3,67	6,09	7,66	6,50	6,00	2,75	12,50	8,50	3,50
$t_o(h)$	8,50	6,00	5,25	5,50	9,67	5,67	14,42	11,33							

IZBOR ZAKONA RASPODELE ZA ODREĐIVANJE POUZDANOASTI

Postoji veći broj teorijskih raspodela po kojima se vrši pouzdanost tehničkih sistema: eksponencijalna, linearna, logaritamskoekstremna, Weibull – ova, gama, hiperekspencijalna, Reylegh-ova, normalna, log-normalna, minimalnih i maksimalnih ekstremnih vrednosti. Ovom prilikom po svim navedenim raspedelama

određena je pouzdanost za posmatrani slučaj. Zbog nedostatka prostora, ovom prilikom u tabeli br. 2 date su samo funkcije kumulativne verovatnoće, odnosno funkcije pogodnosti održavanja $P_0(t_i)$ gustine predpostavljenih raspodela, po kojima je određena pouzdanost za ostvarena vremena korektivnog održavanja bez čekanja i sa čekanjem.

Tabela 2.

Teorijska raspodela	Kumulativna funkcija	Funkcija gustine
Weibull - ova	$P_0(t_i) = 1 - e^{-\left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta}$	$f_t(t_i) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t_i}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t_i}{\eta}\right)^\beta}$
Lognormalna	$P_0(t_i) = \int_0^t \frac{1}{t_i \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t_i - \nu}{\sigma}\right)^2} dt$	$f_0(t_i) = \frac{1}{t_i \sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln t_i - \nu}{\sigma}\right)^2}$

Metodom najmanjih kvadrata analitičkim putem određene su vrednosti parametara pretpostavljenih raspodela. Odstupanja “ d_p ” empirijske $P_e(t_i)$ od aproksimirane teorijske funkcije raspodele $P_t(t_i)$, izvršena su pomoću posebnih testova: test **Kolmogorova i Smirnova** “ D_{\max} ” < “ D_{kr} ”, test **Kolmogorova** “ λ ” < “ λ_{kr} ”, **Test hi-kvadrat** “ χ^2 ” < “ χ_{kr}^2 ”, **test Romanovskog** “ $\frac{|\chi^2 - k|}{\sqrt{2k}}$ ” < 3, **test Missesa** “ $n\omega$ ” < “ $n\omega_{kr}^2$ ” i test tri sigme, “ $|\varepsilon_{\max}|$ ” < “ 3Σ ”. **Misesov** “ ω^2 ” kriterijum odlikuje se nizom prednosti u odnosu na poznati **Pearsonov** “ χ^2 ”, test **Misesov** kriterijum je veoma složena raspodela, ali je naročito efikasan kod relativno malih statističkih skupova.

Pomenutim statističkim testovima ocenjene su polazne hipoteze o važnosti pretpostavljenih raspodela. Zbog ograničenog prostora u tabeli 3 dati su samo pregledno izlazni rezultati, parametri svih pobrojanih raspodela, kao i odgovarajući testovi. Na osnovu empirijskih podataka datih u tabeli 1, koji se odnose na trajanje pojedinih vremena korektivnog održavanja, određeni su kvantitavni pokazatelji pogodnosti održavanja bez čekanja cevnih ventilatora na pneumatski (komprimirani) pogon.

Pokazatelji pogodnosti održavanja cevnih vazdušnih ventilatora dobijenih na osnovu empirijskih podataka, datih u tabeli 1, a za pobrojane raspodele i testiranja pomenutim testovima, dati su u tabeli br. 3. Iz tabele br. 3. vidi se da je **Pearson-ov** koeficijent determinacije 0,9924 vrlo blizak jedinici, što znači da je vrlo tesna veza između statističkog skupa i pretpostavljenih teorijskih raspodela, dok

upoređivanjem rezultata testiranja svih podataka, *Wejbulova* raspodela znatno bolje zadovoljava test 3Σ , test Misesa, hi-kvadrat, Test Kolmogorova, test Kolmogorova-Smirnova, u odnosu na ostale pretpostavljene raspodele. Pokazatelji pogodnosti održavanja cevnih ventilatora na pneumatski pogon dobijenih na osnovu empirijskih podataka, datih u tabeli 2, a za pretpostavljene raspodele (tabela 3) i izvršena testiranja pomenutim testovima,

dati su u tabeli br. 4. Iz tabele br. 4 vidi se da je **Pearson-ov** koeficijent determinacije 0,99536 vrlo blizak jedinici, što znači da je vrlo tesna veza između statističkog skupa i pretpostavljenih teorijskih raspodela, dok upoređivanjem rezultata testiranja svih podataka, *Lognormalna raspodela* znatno bolje zadovoljava test Misesa, hi kvadrat, test Kolmogorova-Smirnova, u odnosu na ostale pretpostavljene raspodele.

Tabela 3.

Vrednosti parametara pretpostavljenih raspodela funkcije održavanja bez čekanja P_o i sa čekanjem $P_{o\check{c}}$												
R a s p o d e l a												
		Eksponen.		Weibull-ova		Gamma		Normalna		Lognormalna		
		P_o	$P_{o\check{c}}$	P_o	$P_{o\check{c}}$	P_o	$P_{o\check{c}}$	P_o	$P_{o\check{c}}$	P_o	$P_{o\check{c}}$	
Parametar	Raspodele	a	-2,5228	-2,5544	0,5793	0,4463	0,7960	0,4887	4,3918	6,2318	1,0692	1,6941
		b	1,3636	3,8339	1,5566	1,98711	1,3216	1,8995	3,0058	3,7058	0,6851	0,4827
		$t_s (\mu, \nu)$	3,8864	6,3883					4,3918	6,2318	1,0692	1,6941
		s (σ)							3,0058	3,7058	0,6851	0,4827
		σ										
		k_d	0,9871	0,9330	0,9924	0,9829	0,9805	0,9868	0,9608	0,9750	0,9811	0,9955
		λ	0,257	0,157								
		β			1,7263	2,2405	1,256	2,0460				
		η			4,7426	7,29441	4,1491	7,1827				
		Test	Raspodele	D_{imax}	0,2291	0,2639	0,1154	0,1605	0,2321	0,5253	0,1998	0,1697
$\lambda_{(95)} =$	0,2811			0,7518	0,0349	0,0373	2,6263	5,9430	2,2607	1,9205	1,5124	0,6219
χ^2	0,3264			0,7775	0,0692	0,1171	0,5701	8,5763	0,3051	0,2009	0,1344	0,0152
R_n	2,3829			2,3970	2,3305	2,4256	2,2236	0,6989	2,2802	2,4085	2,3166	2,4464
$n\omega^2$	7,6245			6,4820	0,0346	0,0591	0,3262	2,7004	0,0094	0,0065	0,0023	0,0006
	3Σ	0,0256	0,0701	0,0032	0,0035	0,2321	0,5253	0,1998	0,1698	0,1337	0,0550	

U tabeli 4 dati su numerički podaci odstupanja i na sl. 3 dijagram odstupanja funkcije pogodnosti održavanja dobijene na osnovu Wejbulove i Lognormalne raspodele od vrednosti procenjenih na osnovu empirijskih podataka bez zadržavanja P_o , gde se vidi da pretpostavljena Wejbulova raspodela znatno manje ima odstupanja od statističkog skupa podaka i sa zadržavanjem $P_{o\check{c}}$, gde se vidi da pretpostavljena Lognormalna raspodela ima znatno manje odstupanja od statističkog skupa podaka.

Istraživanja u ovom članku pokazuju da od više postojećih teorijskih raspodela tabela 1, Wejbulova raspodela ima širi spektar u interpretaciji raspodele funkcije

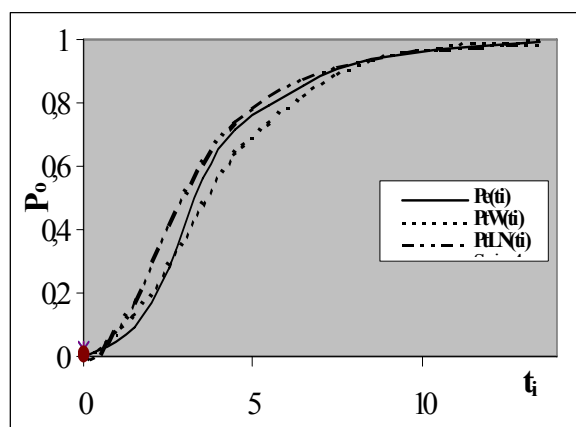
pogodnosti održavanja bez zadržavanja, dok se lognormalna raspodela najčešće koristi za interpretaciju raspodele funkcije pogodnosti održavanja, kada su postupci održavanja praćeni dužim čekanjima, kako se može i videti sa dijagrama 3.

ZAKLJUČAK

U radu je na osnovu statističkih podataka za cevni ventilator na pneumatski pogon koji je namenjen separatnom provetranju jamskih prostorija, za korektivno održavanje bez čekanja i korektivno održavanje praćeno dužim čekanjem, u realnim uslovima eksploatacije, prikazana praktična primena jedne od metoda

za ocenjivanje pogodnosti održavanja, kao konstrukcijske karakteristike datog tehničkog sistema. Upoređivanjem dobijenih rezultata sa stanovišta tehničko-tehnoloških zahteva u poslovnom odlučivanju može se zaključiti da pomenuti cevni ventilator na pneumatski pogon u potpunosti zadovoljava u pogledu pogodnosti održavanja za srednje vreme tra-

janja otklanjanja neispravnosti kada se radi o postupku koji je ostvarivan bez čekanja. S druge strane, na osnovu urađene pogodnosti održavanja uporedo bez čekanja i pogodnosti održavanja praćenom relativno dužim čekanjima, može se obaviti adekvatna analiza i skratiti pojedine sekvence čekanja iz bilo kakvih razloga.



Sl. 3. Dijagram odstupanja funkcije pogodnosti održavanja dobijene na osnovu Wejbulove i Lognormalne raspodele od vrednosti procenjenih na osnovu empirijskih podataka

Tabela 4.

i	t_i	$P_e(t_i)$	$P_W(t_i)$	$P_{LN}(t_i)$
0	0,0	0,0000	0,0000	0,0000
3	0,5	0,0210	0,0204	0,0050
12	1,5	0,0911	0,1281	0,1663
36	2,5	0,2780	0,2819	0,4117
72	3,5	0,5584	0,4800	0,6057
92	4,5	0,7142	0,6350	0,7372
102	5,5	0,7921	0,7390	0,8232
110	6,5	0,8544	0,8215	0,8793
117	7,5	0,9089	0,8899	0,9163
121	8,5	0,9400	0,9353	0,9410
123	9,5	0,9556	0,9638	0,9578
125	10,5	0,9712	0,9806	0,9694
126	11,5	0,9790	0,9901	0,9775
127	12,5	0,9868	0,9951	0,9833
128	13,5	0,9945	0,9977	0,9874

LITERATURA

1. Bogdanović B.: "Pouzdanost u poslovnom odlučivanju", Zaječar 1999.

2. Bogdanović B., Dašić P.: "Komparativna analiza različitih teorijskih modela pouzdanosti užeta jamskog vitla", 4. Međunarodno savetovanje o dostignućima elektro i mašinske industrije "DEMI", Banja Luka 25/26 April 2001.
3. Bolšev L.N.; Smirnov N. V.: "Tablice matematičke statistike", Nauka, Moskva 1983.
4. Vujanović N.: "Teorija pouzdanosti tehničkih sistema", Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd 1990.
5. Vukadinović S.: "Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike" Privredni pregled, Beograd 1988.
6. Vukadinović S.: "Zbirka rešenih zadataka iz teorije verovatnoće", Privredni pregled, Beograd 1990.
7. Jerić M.: "Logistika", Vojnoizdavački zavod, Beograd 1984.
8. Knežević J.: "Upravljanje procesima održavanja i obnavljanja tehničkih sistema na osnovu teorije pouzdanosti", "OMO" 1988.
9. Kecojević S.: "Pouzdanost i održavanje", Održavanje tehničkih sistema, Novi sad 1984.
10. Papić L.J.: "Primena Misesovog neparametarskog kriterijuma u analizi pouzdanosti", Industrijski sistemi - IS' 87, Novi Sad 1987.
11. Petrić J. J., Jevtić M., Tošić T. Stojanović V.: "Pouzdanost", FON Beograd 1972.
12. Stevanović V., Papić Lj.: "Kvalitet i pouzdanost tehničkih sistema", Čačak 1987.
13. Spivakovskij A. O., Potapov M. G.: "Transportne mašine i kompleksi otkrivenih gornih razrabotok", Moskva "Nedra", 1983.
14. Todorović J. Zelenović D.: "Efektivnost sistema u mašinstvu", Naučna knjiga, Beograd 1981.
15. Todorović J.: "Inženjerstvo održavanja tehničkih sistema", Gorapres, Beograd 1993.

UDK: 622.271:621.65(045)=861

R. Rajković, B. Rajković**, R. Lekovski**

**IZBOR PUMPI »FLYGT« ZA ODVODNJAVANJE
POVRŠINSKOG KOPA BAKRA »VELIKI KRIVELJ«**
**SELECTION OF THE “FLYGT” DEWATERING PUMPS FOR
THE OPEN PIT “VELIKI KRIVELJ”**

Izvod

U članku je prikazan izbor pumpi za odvodnjavanje švedske firme “FLYGT” na površinskom kopa bakra “Veliki Krivelj”, računarskim programom FLYPS 3.1. Programom se dobijaju radne karakteristike pumpi za zadate uslove. Konačni izbor pumpi obavlja se po kriterijumu najmanjih ukupnih troškova nabavke, normativnog materijala i održavanja.

Ključne reči: odvodnjavanje, izbor pumpi, troškovi

Abstract

In this article is shown the selection of drain pumps made by Swedish firm “FLYGT” by means of computer program FLYPS 3.1. on “Veliki Krivelj” open pit. Performance curves of the pumps are obtained for given conditions by the program. The definitive selection of the pumps is done by the criterion of minimum total expenses of provision, normative material and maintenance.

Key words: drain, selection of the pumps, expenses

UVOD

Osnovna koncepcija odvodnjavanja i zaštite površinskog kopa “Veliki Krivelj” sastoji se u sledećem:

- Da se sva voda sa slivnih područja, koja gravitiraju prema kopa, prihvati zaštitnim obodnim kanalima i gravitacijski odvede van kopa;
- da se vode koje dospeju u konture kopa, sa etaža iznad mesnog erozionog bazisa (K+305) što je moguće više prihvate kanalima i gravitacijski odvedu van kopa;
- da se sa etaža nižih od mesnog erozionog bazisa do dna kopa (K-25) sve vode prihvataju na nivoima

prepumpavanja i odatle ispumpavaju van kopa.

Površinski kop bakra “Veliki Krivelj” u narednih dvadeset godina treba da bude otvoren do nivoa K-25. Kako je nivo mesnog erozionog bazisa K+305, ukupna visina ispumpavanja iznosi $H = 330$ m. Ukupna površina kopa sa koje se ispumpava voda iznosi $P = 0,6982$ km². Izgled kopa sa objektima odvodnjavanja do nivoa K-25 prikazan je na slici 1.

IZBOR PUMPI

Za radne uslove iz tabele 1 analizirane su pumpe švedske firme “FLYGT”, predviđene za rad u kiselim rudničkim vo-

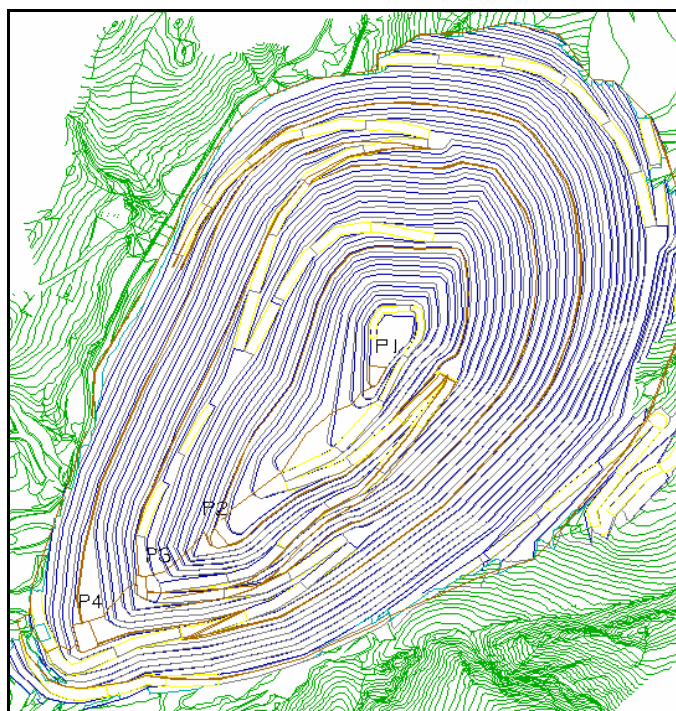
* Mr Radmilo Rajković, dipl. inž. rud. IBB, ** Branislav Rajković dipl. inž. maš. TIR, dr Ružica Lekovski dipl. inž. rud. IBB

dama, a koje su se u dosadašnjoj praksi pokazale kao ubedljivo najbolje rešenje na kopovima RTB-a Bor.

Za izbor pumpi korišćen je program FLYPS 3.1 proizvođača pumpi "FLYGT". Kriterijum kapaciteta je variran sa -10% do +30% od potrebnih vrednosti. Zbog velikih maksimalnih kapaciteta birana je paralelna veza pumpi sa ručnim regulisan-

jem rada. U obzir su uzimane samo pumpe tipa "B" koje mogu da rade u uslovima zamuljenih i kiselih rudničkih voda. Pumpe su predviđene za rad u mokroj radnoj sredini.

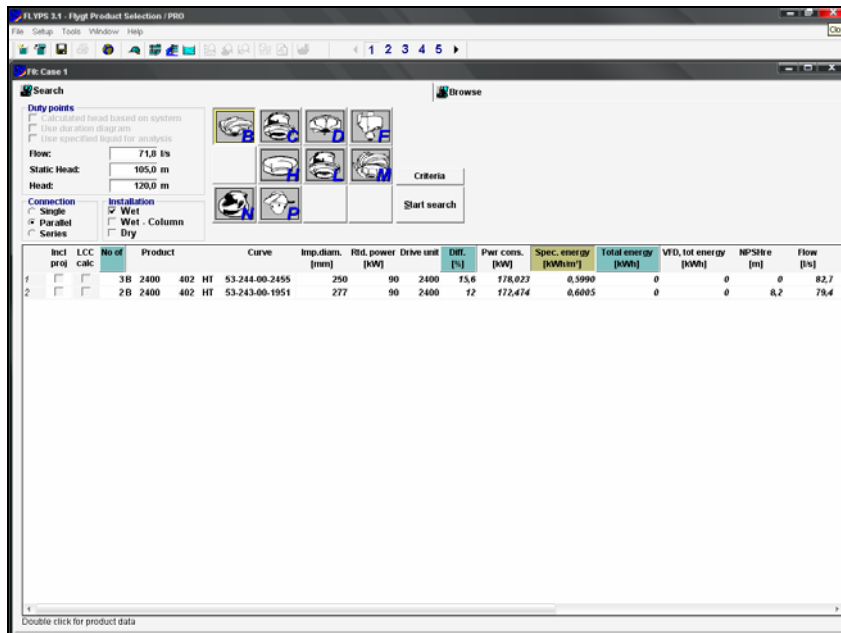
Potreban broj pumpi za svaku poziciju na kopu računat je prema maksimalnim prilivima, a utrošak normativnog materijala prema srednjim prilivima.



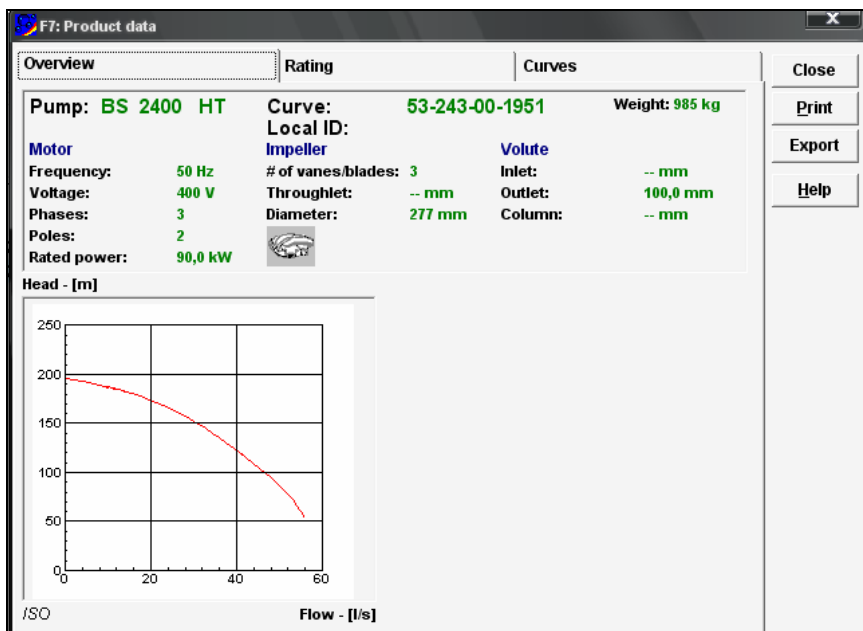
Sl. 1. Površinski kop „Veliki Krivelj“ do nivoa K-25

Tabela 1. Potrebni kapaciteti ispumpavanja vode

Prilivi	Oznaka nivoa	Etaža	q_i (m ³ /h)	q_i (l/s)	Geodetska visina (m)	Napor pumpe (m)
Maksimalni	P1	E-25	258,43	71,79	105,0	120,0
	P2	E80	412,98	114,72	105,0	120,0
	P3	E185	756,63	210,18	75,0	80,0
	P4	E260	1425,95	396,10	45,0	50,0
Prosečni	P1	E-25	72,71	20,20	105,0	120,0
	P2	E80	32,95	9,15	105,0	120,0
	P3	E185	60,37	16,77	75,0	80,0
	P4	E260	113,78	31,61	45,0	50,0



Sl. 2. Program FLYPS 3.1, izbor mogućih pumpi za date uslove



Sl. 3. Program FLYPS 3.1, tehničke karakteristike pumpe

F7: Product data

Overview Rating Curves

Frequency	50 Hz	Product	2400 .402	Issue	3
Phases	3	Motor #	42-26-2FF	# of Starts/Hr	15
Poles	2	Rated power	90,0 kW	Issue date	
Approval		Installations	S	Valid from	4.11.2004
Cool. req.	N	Type of duty	S1	Status	APPR

Rtd. amb. temp. 40 °C / 104 °F

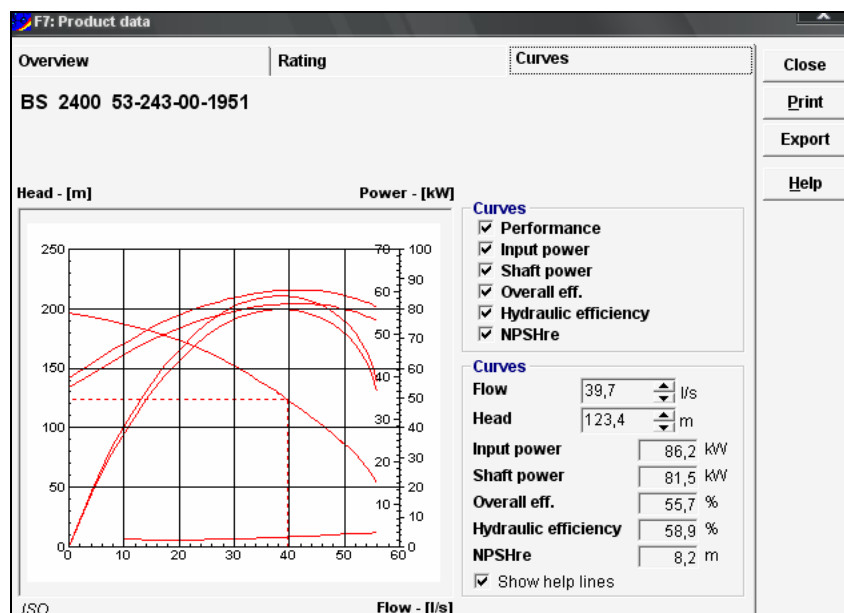
Alternative 1 Alternative 2 Select Stator

Voltage	690 V	400 V	Stator variant	38
Connection	Y	D	Speed	2965 r/min
Rtd. Curr.	86,0 A	148,0 A	Module	119
Starting	715,0 A	1245,0 A	Motor issue	11
Power factor	0,93	0,93		
Locked rotor code	H	J		

Warm liquid data Note! Reduced rated power

Rtd. amb. temp.	°C / °F	°C / °F
Rtd. Curr. (1)	A	A
Rtd. Curr. (2)	A	A
Max input power	kW	kW

Sl. 4. Program FLYPS 3.1, prikaz karakteristika pogonskog motora pumpe



Sl. 5. Program FLYPS 3.1, radna tačka pumpe

Rezultati izbora prikazani su tabelom 2. U tabeli su dati: kapacitet Q (l/s), instalirana snaga pumpnog postrojenja P_{ins} (kW), iskorišćenje snage pumpnog agregata $E_{f_{tot}}$ (%), broj radnih sati godišnje $N_{h_{god}}$, i normativ električne energije (kWh/m^3) (kWh/god).

Prosečan radni vek "FLYGT" pumpi u kiselim rudničkim vodama, prema dosa-

dašnjim iskustvima, iznosi 15 godina. Tabelom 3 data su ukupni troškovi odvodnjavanja "FLYGT" pumpama za petnaestogodišnji period, kao zbir investicionih ulaganja za pumpe i opremu, troškova normativnog materijala i održavanja.

Tabela 2. Rezultati izbora programom FLYPS 3.1

Pozicija na kopu	Tip pumpe	Broj pumpi u paralelnoj vezi	Q (l/s)	P_{ins} (kW)	$E_{f_{tot}}$ (%)	Nor (kWh/m^3)	$N_{h_{god}}$	Nor (kWh/god)
P1	BS 2400 402 HT 53-244-00-2455	3	82,7	270	56,9	0,9069	2 139	577 635,7
	BS 2400 402 HT 53-243-00-1951	2	79,4	180	55,7	0,6297	2 228	401 095,5
P2	BS 2400 402 HT 53-244-00-2455	4	116,4	360	57,4	0,8591	2 209	795 173,2
	BS 2400 402 HT 53-243-00-1951	3	120,7	270	55,6	0,6214	2 130	575 133,6
P3	BS 2400 402 MT 53-231-00-1931	4	223,0	360	54,1	0,4484	1 812	652 207,5
	BS 2400 402 MT 53-231-00-1931	3	182,8	270	56,3	0,4103	2 210	596 727,1
	BS 2400 402 HT 53-243-00-1951	4	206,1	360	48,2	0,4852	1 960	705 687,9
P4	BS 2400 402 MT 53-231-00-1931	4	454,3	360	63,5	0,2201	1 499	539 541,2

Tabela 3. Troškovi odvodnjavanja za petnaestogodišnji period

Pozicija na kopu	Tip pumpe	Broj pumpi u paralelnoj vezi	Cena postrojenja (EUR)	Normativni materijal (EUR)	Održavanje (EUR)	Troškovi za 15 godina (EUR)
P1	BS 2400 402 HT 53-244-00-2455	3	127 350	238 275	25470	391 095
	BS 2400 402 HT 53-243-00-1951	2	78 760	165 452	15752	259 964
P2	BS 2400 402 HT 53-244-00-2455	4	169 800	328 009	33960	531 769
	BS 2400 402 HT 53-243-00-1951	3	118 140	237 243	23628	379 011
P3	BS 2400 402 MT 53-231-00-1931	4	127 560	269 036	25512	422 108
	BS 2400 402 MT 53-231-00-1931	3	95 670	246 150	19134	360 954
	BS 2400 402 HT 53-243-00-1951	4	157 520	291 096	31504	480 120
P4	BS 2400 402 MT 53-231-00-1931	4	127 560	222 561	25512	375 633

ZAKLJUČAK

Prilikom izbora pumpi za odvodnjavanje treba obratiti pažnju na tri činioca koji se moraju uzeti u obzir prilikom konačne odluke.

Prvi činilac je potrošnja električne energije. Sa stanovišta potrošnje električne energije najekonomičnije je izabrati pumpe koje imaju najmanju potrošnju za ispušavanje potrebne količine vode.

Drugi činilac od značaja za izbor pumpi su investiciona ulaganja u pumpna postrojenja i prateće objekte odvodnjavanja. Prosečan radni vek u kiselim rudničkim vodama "FLYGT" pumpe je oko 15 godina. Pri odabiru pumpi treba voditi računa o zbiru investicionih troškova i normativnih troškova električne energije za petnaestogodišnji period.

Treći uticajni činilac na izbor pumpi je unifikacija pumpnih postrojenja. Zbog rezervnih pumpnih agregata i zamene delova, treba težiti što manjem broju različitih tipova pumpi, ukoliko je to moguće,

pa i po cenu nešto nepovoljnijih radnih uslova ili većih investicionih ulaganja.

U uslovima odvodnjavanja na površinskom kopu bakra "Veliki Krivelj", sva tri uticajna činioca su međusobno saglasna, pa je za optimalno odvodnjavanje dubinskog dela kopa potrebno obezbediti šest pumpi BS 2400 402 HT 53-243-00-1951 i osam pumpi BS 2400 402 MT 53-231-00-1931 za odvodnjavanje pri maksimalnom prilivu voda, uz po jednu rezervnu pumpu oba tipa.

LITERATURA

1. Dopunski rudarski projekat otkopavanja i prerade rude u ležištu "Veliki Krivelj" za kapacitet $8,5 \times 10^6$ tona vlažne rude godišnje, Institut za bakar Bor, 2006.
2. FLYPS 3.1, program za izbor »FLYGT« pumpi

UDK: 622:330(045)=861

*D. Urošević**, *D. Đuranović***

ZNAČAJ I PROCENA VREDNOSTI POSLOVNIH PODUHVATA U RUDARSTVU SRBIJE

IMPORTANCE AND EVALUATION OF BUSINESS ACTIVITIES IN SERBIAN MINING

Izvod

Tranzicioni proces u privredno-ekonomskoj sferi treba da omogući osposobljavanje zemlje u razvoju da u datom momentu društvo bude spremno za kvalitetnu materijalnu proizvodnju i tržišno poslovanje u zemlji i sa celim svetom. Sa rudarskog aspekta to podrazumeva, pre svega u geološkom smislu - rebalans rezervi mineralnih sirovina, u tehnološko-tehničkom smislu - izbor adekvatne i optimalne tehnologije i primenu odgovarajućih tehničkih rešenja, a potom i definisanje profitabilnosti poslovnog poduhvata.

Međutim, svemu navedenom prethodi procena vrednosti rudnika i/ili rezervi mineralnih sirovina, utvrđivanje vlasništva nad tim kapitalom i jasan pristup u oblasti koncesionarstva.

Abstract

The process of transition in business and economy should enable the qualification of developing countries to prepare the society for quality material production and for operating according to market rules both within the country and on a global scale. From the aspect of mining, this implies above all, geologically speaking, a reassessment of reserves of mineral raw materials both technologically and technically, the selection of the adequate and optimal technology, and the application of adequate technical solutions, followed by the defining of profitability of business ventures.

However, all of the above must be preceeded by a process of valuation of mines and/or mineral raw materials reserves, the establishing of ownership of such assets, and a clear approach pertaining to concessions.

UVOD

Realizacija širokog spektra društvenih promena, koja pre svega obuhvata rešavanje osnovnih problema u privredi, vezana je za makro i mikroekonomiju zemlje, tj. promene u vlasničkim odnosima i promene u

sistemu poslovanja i trgovanja, u svim sektorima privrede, pa razumljivo i u rudarstvu. Promene obuhvataju i zakonodavstvo, bankarsko poslovanje, tržišne odnose i dr. Odnosno, odvija se tranzicioni proces.

U privredno-ekonomskoj sferi tranzicioni procesi imaju zadatak da osposobe

* Dr Dragoljub Urošević, dipl.ing.rud, Institut za ispitivanje materijala, Beograd,

** Dr Dragan Đuranović, dipl.ecc, Viša saobraćajna škola, Doboj

društvo za materijalnu proizvodnju i za tržišno poslovanje unutar zemlje, ali i sa tržištem celoga sveta. Posmatrano sa stanovišta rudarstva Srbije, postavlja se nekoliko pitanja. Od opšteg – šta podrazumeva ideja ozdravljenja rudarstva (koje promene treba učiniti), do konkretnog – kako osposobiti rudarstvo za tržišno poslovanje sa celim svetom? Važno pitanje je i ko će i kako će realizovati ovu ideju? Poslednjih godina su u javnosti sve češći prikazi teškoća sa kojima se danas susreće rudarstvo Srbije. Njihov rezime je: ako se hitno ne učini nešto bitno, rudarstvo će nestati. Stagnacija i neodržavanje rudarskih preduzeća, ne može večito da traje, jer se rudnici, na taj način, samo zadužuju i stvaraju lažnu sliku o poslovnoj uspešnosti. Prava istina je da time pogoršavaju svoj nepovoljni status i troše svoju budućnost.

U ovakvim uslovima nameću se i pitanja: da li je tada likvidacija rudnika ispravno rešenje, ima li nekih drugih boljih, načina opstanka posmatrano sa stanovišta društva, ko, kada i kako treba te načine da realizuje, treba li neko da ispita svaki rudnik, da proveri nosi li on (u sebi) neki potencijal za uspešno poslovanje i ako postoji, ko treba da razmotri koji su to uslovi da se sačini neka selekcija? U ovom kontekstu posebno je važno pravilno realizovati svojinsku transformaciju rudnika, tj. na korist društva i rudarstva, ali i da strani investitor pristane da kupi akcije u neprofitabilnom rudniku ili rudnik.

Država je, kao današnji vlasnik rudnika, zainteresovana da sazna kakve doprinose nacionalnoj ekonomiji danas daju pojedini rudnici, mimo ostvarenih profita, i šta će se dogoditi, kada rudnici, zbog neprofitabilnosti prestanu sa radom, tj. koje će sve privredne delatnosti tada biti ugrožene i koju će to cenu društvo morati da plati. Treba naglasiti i činjenicu da nije bez značaja doprinos rudarstva zapošljavanju i opstanku čitavih rudarskih regiona, koji bi likvidacijom rudarstva došli u tešku

socijalnu situaciju, odnosno, bili na teret društva.

Bilo bi daleko bolje da o rudnicima, ali i svima onima koji su za rudnike vezani, brine država jer je danas ona njihov realni vlasnik, tako što bi sačinila Strategiju razvoja rudarstva Srbije, odnosno rešenja za sve izložene dileme. Rešenja u strategiji bi i na pitanje šta je cilj procesa prestrukturiranja rudnika u Srbiji, dala odgovor da je to pronalaženje najboljeg puta za budućni život rudnika. To najbolje rešenje, treba u sebi da sadrži najbolje uslove za rudnike, vlasnike, državu i lokalnu zajednicu. Ali, proces prestrukturiranja traži od rudnika da posluju po savremenim tržišnim zakonima, a to je mogućnost ostvarenja i minimalnog profita koji je neophodno realizovati za vlasnika kapitala u periodu eksploatacije. Naravno, tu postoje i drugi ciljevi koji su u funkciji osnovnog kao što su: minimalni trošak eksploatacije, maksimalno vreme eksploatacije, pouzdanost u radu i dr. Svi ovi ciljevi su u službi osnovnog cilja optimizacije profita, što je i konačno zahtev koji postavlja proces prestrukturiranja.

TRANZICIJA RUDARSTVA SRBIJE

Budućnost je polje različitih mogućnosti koje su ograničene realnošću. Ali, kada je u pitanju propadanje rudnika, jer se malo čini za zaustavljanje ovog procesa, onda se vremenom, polje povoljnih poslovnih mogućnosti sužava. Odnosno, vremenom, rudarstvo sve teže „oboljeva“ i, potom, prestaje da postoji. Danas, (a to je naša realnost) u ovom polju ima dobrih, ali i loših rešenja. Koje će se sve mogućnosti realizovati u budućnosti rudarstva, zavisiće, pre svega, od mudrosti ljudi koji budu usmeravali ovaj privredni sektor. Bitno je da se najgori ishodi spreče i rudnici ne dodju u situaciju kada nema više rešenja za njihov dalji rad i kada je likvidacija jedino moguća. Ostaje da se utvrdi koji su to mudri ljudi Srbije koji će usmeravati sektor rudarske privrede,

odnosno, u kojoj su meri spremni da, svojim angažmanom, realizuju ovaj cilj.

Po Ustavu rudno blago je vlasništvo države, a po mišljenju svih važnijih rudarskih i bankarskih stručnjaka sveta, koji rade u uslovima tržišne privrede, rudnik čini rudno ležište. Dakle, ako nema dovoljno kvalitetne rude u ležištu, nema ni rudnika. Svaki investitor ulaže novac u rudno ležište, jer od njega očekuje profit, a država, kao vlasnik, mora da zna koja rudna ležišta mogu da ostvare ovaj cilj. Rudnicima u Srbiji danas nedostaje ono što je ključno za tržišno poslovanje: konstantna vlasnička kontrola i praćenje ispravnosti rada njihovih menadžera, a to se ne može osigurati odnosima između države i rudnika (kao državnih preduzeća), kakvi sada vladaju. To se ne može osigurati ni uvođenjem nekih modernih rešenja iz domena menadžmenta, pošto taj kapital, iako formalno ima vlasnika (državu), nema vlasničke jurisdikcije i kontrole. Zato je on nespojiv sa modernim sistemom menadžmenta i kao oblik vlasništva treba ga prevazići. Dakle, rešenje je u privatizaciji. Rešenja, koje polaze od toga da se i sa državnom (ili nešto modifikovanom) svojinom može osigurati efikasno i konkurentno poslovanje, treba odbaciti. Istini za volju, u svetu postoje primeri uspešnog poslovanja rudnika u državnoj svojini, ali odnosi između rudnika i države su postavljeni na sasvim drugim osnovama.

Međutim, pošto se naša rudarska preduzeća ne kotiraju bitno na svetskoj bankarskoj berzi kapitala, pa da poslovni svet zna njihovu vrednost, onda država, (kao odgovorni vlasnik rudnih ležišta), mora da se, na racionalan način, brine o društvenom blagu koje joj je povereno na upravljanje. Upravo ovo zemljama u razvoju predlažu Ujedinjene Nacije preko UNIDO-preporuka, kako bi efikasno prošle kroz tranzicioni proces.

Potrebno je naglasiti da proces tranzicije predstavlja pojavu koju, doskora, nije poznao svet. On se, prvi put u istoriji civilizacije, javlja tokom osamdesetih i

devedesetih godina, i realizuje (sa promenljivim uspehom), u zemljama istočne i centralne Evrope čije su privrede bile pred kolapsom. Tranzicioni proces je pokušaj da se razumom i znanjem rešavaju duboke društvene krize, uz pomoć međunarodne zajednice, ali pre svega, uz pomoć sopstvenog znanja.

U ovim su zemljama tranzicioni procesi započeli bez ikakvog prethodnog iskustva i neophodnih naučnih saznanja, ali su u kratkom periodu stvorili čitav kompleks naučnih disciplina, kojima se proučavaju zakonitosti ovih promena i nalaze sasvim zadovoljavajuća rešenja. Tako danas, postoje brojna praktična iskustva i teoretska saznanja za vođenje tranzicionih procesa u rudarstvu, ako se u njegovu realizaciju aktivno uključi država. Svakako da ova iskustva treba detaljnije proučiti, ali eksperti UN (grupa za industrijski razvoj) su dokazali da planirani društveni ciljevi neće moći da se realizuju zbog niske društvene akumulacije. To praktično znači da ove zemlje, neće biti u stanju da same finansiraju ozdravljenje svoje privrede. Inostrani krediti su skupi i teško se dobijaju, a bez novca nema ozdravljenja i napretka. Zato u ovakvoj situaciji treba, na najcelishodniji način, koristiti sve raspoložive resurse društva, posebno prirodne resurse (rudna ležišta), odnosno, sprečiti da ih mehanizmi tržišta ne unište, na štetu zajednice. Pomenute UNIDO preporuke, koje je u ove svrhe Organizacija UN (deo za industrijski razvoj) izradila, ukazuju kako da se na najracionalniji način (od strane države), koriste ograničeni resursi društva (ruda, kapital, radna snaga, devizna sredstva itd.) i ostvari najbolji ekonomski rezultat. Preporuka je data kao priručnik za vrednovanje industrijskih projekata, a prihvatile su ih sve zemlje u tranziciji i sve zemlje u razvoju.

Jasno je, ozdravljenje svake privredne grane, pa i rudarstva, podrazumeva investiranje, jer rudnici ne mogu da nastave život bez većih investicionih zahvata, pošto su do danas, bitno devastirani. Ove realno nastale promene u našim rudnicima nikako

se ne mogu savladati političkim odlukama. Jedini lek je novo investiranje. Teško oštećeni rudnici nisu isto što su nekada bili i ne mogu se oporaviti i komercijalno poslovati bez novog ulaganja.

INVESTICIJE U RUDARSTVO

Uvažavajući iznete činjenice, moguće je postaviti još jedan niz pitanja. Ko može investirati u rudarstvo Srbije; koji će to rudarski projekti biti finansirani i zašto (koju korist donose); da li je budući finansijer država, domaći bankari ili inostrani ulagači, pod kojim uslovima rudnici mogu dobiti domaća i inostrana sredstva za svoju rekonstrukciju ili novu izgradnju, kakve dokaze treba da ponude potencijalnim finansijerima da bi oni prihvatili investicione poduhvate koje rudnici predlažu...

Bez objašnjavanja izvora i uzroka nastale nepovoljne finansijske situacije za rudarstvo u Srbiji, izvesno je da su rudnici (i država kao njihov vlasnik) upućeni, isključivo, na inostrane poslovne partnere i da će još dugo biti tako. Zato je vrlo važno stvarati povoljnu klimu koja privlači strane investitore ka rudnicima Srbije. Kako je za ove potencijalne ulagače kapitala, profitabilnost jedini kriterijum ulaganja, od presudne je važnosti dokazati sposobnost poslovnog poduhvata na konkretnom rudniku, tj. po metodologiji koju priznaju inostrani ulagači. U svetu je usvojen princip da se dobri planovi (društva, ali i privatnog investitora) ne mogu praviti bez dobre ekonomske ocene poslovnih poduhvata koji se predlažu za ulaganje.

Praktično, UNIDO preporuka ne služi samo za nabavku para od inostranih finansijera, već i za pravljenje strategije razvoja pojedinih sektora privrede. Predlagaće se državama u razvoju i tranziciji da sačine nacionalne planove za pojedine privredne grane, a zbog oskudnih finansijskih sredstava, prioritete investiranja i beneficija za najznačajnije privredne delatnosti. Jer, nema dobre ocene projekata, ako se ne zna

nacionalna strategija u vezi konkretne privredne grane kojoj projekat pripada. To je preduslov za dobru ocenu svakog planiranog poslovnog poduhvata, a naročito kod onih rudnika koji pokazuju manju komercijalnu sposobnost i zapošljavaju puno radnika, a strateški su važni za sadašnje i razvojne potrebe zemlje.

Dakle, program strategije razvoja rudarstva Srbije mora da sadrži razvojne programe pojedinih rudnika, odnosno dugoročne programe razvoja. Pošto zbir sektorskih programa čini osnovu za formiranje nacionalnih planova, (input – output analiza), onda, ukoliko se na makronivou države sagledaju potrebe zemlje za nekim rudarskim proizvodima, i kada se utvrdi cena koju je država spremna da plati za ostvarenje ovog cilja, moguće je realizovati analize komercijalnog i nacionalnog karaktera za pojedine rudarske projekte. Strani investitori pridaju značaj samo komercijalnoj isplativosti projekta, ali ako je projekat značajan za društvo u celini, država može beneficijama da omogućiti poslovnom poduhvatu da bude komercijalno prihvatljiv za investitora. To znači da rudnik koji se nalazi pred likvidacijom, može da se usmeri u razvoj, ako je društveno značajan i država spremna da mu pomogne. Praktično, to dalje znači da je izrada strategije razvoja rudarstva Srbije primarni društveni cilj i da je u tome spas za rudarstvo Srbije. Bez strategije razvoja rudarstva Srbije javiće se brojne teškoće kod vrednovanja potencijalnih poslovnih poduhvata u rudniku, jer se ovaj zadatak može uspešno ostvariti samo ako je kvantitativno definisan odnos države prema pojedinim sektorima, odnosno pojedinim rudnicima Srbije.

S obzirom na značaj rudarstva u koje su decenijama ulagani veliki finansijski i ljudski resursi zemlje, u kome rade više hiljada radnika i od koga u lancu zavise metalurgija, metaloperađivačka, hemijska i druge industrije, a posebno egzistencija stanovnika čitavih regiona, potrebno je pažljivo proučiti svaki rudnik, sa komerci-

jalnog i nacionalnog aspekta, pre nego što se odredi njegova sudbina (eventualna likvidacija). U ovom poslu, država kao vlasnik rudnika, mora da ima glavnu reč.

OSNOVNI ELEMENTI TEHNO-EKONOMSKE OPTIMALIZACIJE POSLOVNOG PODUHVA TA NA RUDNIKU

Strategija razvoja rudarstva Srbije, pored ostalog, obuhvata i donošenje odluke o budućnosti svakog sadašnjeg i potencijalnog rudnika. Ona mora da je posledica kompleksne analize o mogućem poslovnom poduhvatu, sa komercijalnog i nacionalnog aspekta. Analiza podrazumeva i realizaciju procesa tehnno-ekonomske optimalizacije današnjeg stanja rudnika ili izradu preinvesticionih studija za nov rudnik, po modelu koji se primenjuje na svetskom tržištu.

Kako je opštepoznata činjenica da je skoro svim rudnicima u Srbiji potreban novac za dovodjenje svojih parametara poslovanja u „normalno“ stanje, to praktično znači da se svi nalaze u preinvesticionoj fazi. Preinvesticiona faza ima svoje etape razvoja u kojima se, pre svega utvrđuje realnost budućeg poslovnog poduhvata, odnosno mogućnost opstanka rudnika. To su podloge za donošenje svakog konačnog suda o sudbini rudnika. Etape preinvesticione faze su sledeće:

- a) U prvom koraku je neophodno sagledati investicione mogućnosti svakog rudnika, odnosno, neophodno je sačiniti prethodnu selekciju svih ideja o rekonstrukciji rudnika. Ovo je važna etapa jer se smatra da je najveći problem utvrditi gde se te mogućnosti javljaju i kakva je njihova realnost. Bez ovog dela nema daljih ozbiljnijih aktivnosti.
- b) Izdvojeni perspektivni programi traže složenije analize, odnosno rad na predstudijama i studijama izvodljivosti. I ove studije su samo procene koje treba da pomognu (državi) u odluci kojim bi rudnicima

trebalo pružiti određenu pomoć da bi opstali na tržištu.

- c) U narednoj etapi neophodno je detaljnije razraditi poslovne poduhvate za one rudnike koji pokazu najveću relativnu važnost, posmatrano sa stanovišta države. Ove analize omogućice svakom ovako izdvojenom rudniku da na tržištu kapitala ispita mogućnost investiranja za konkretni poslovni poduhvat, odnosno, biće daleko jasnija situacija o poslovnim potencijalima rudnika u Srbiji. Nakon ove faze sledi još detaljnija selekcija za rudnike koji imaju realnu mogućnost revitalizacije i uspešnog rada.
- d) U četvrtoj etapi se rade studije koje daju tehničku, ekonomsku i komercijalnu osnovu za donošenje odluka o sudbini rudnika, odnosno, za investiranje u konkretni rudnik.

Da bi se ovaj, veoma obiman, posao uspešno ostvario u kratkom roku, potrebno je izraditi model za preinvesticionu analizu rudnika. U principu ovaj model zahteva da se formiraju: funkcija cilja, za svaku etapu i svaku varijantu poslovnih poduhvata, zatim da se uradi modelska analiza svih varijanti i na osnovu izvršene analize, donesu odluke o prelasku na viši nivo, odnosno donese odluka o investiranju.

Funkcija cilja je investiciona funkcija, koja označava kriterijume za tehnno-ekonomsko komercijalno i nacionalno vrednovanje rudnika (proces optimalizacije). Ona određuje šta treba da postane minimum, a šta maksimum da bi rešenje bilo najprihvatljivije. Faktori koji definišu promenljive tehnno-ekonomske elemente u konkretnom poslovnom poduhvatu, jesu tehnno-ekonomske veličine koje je moguće menjati u određenom dijapazonu u svakom poslovnom poduhvatu. Faktori koji određuju tehnnoekonomske-parametre rudnika u konkretnom poslovnom poduhvatu su relativne konstante rudnika u tehnnoekonomskom smislu. Njih je teško menjati i one

karakterišu sam poslovni poduhvat (sistem od interesa koji se analizira).

Osnovni elementi funkcije cilja se mogu propisati na sledeći način:

- a) Komercijalna isplativost poslovnog poduhvata (prosta stopa prinosa, rok otplate, diskontovana neto sadašnja vrednost, interna stopa prinosa, likvidnost rudnika, struktura kapitala).
- b) Nacionalna isplativost poslovnog poduhvata (neto nacionalna dodatna vrednost, test apsolutne efikasnosti, test relativne efikasnosti, efekat zapošljavanja, efekat raspodele, devizni efekat).
- c) Drugi efekti koje nosi posao rudnika (uticaj na infrastrukturu, uticaj na druge delatnosti, uticaj na životnu sredinu).
- d) Neizvesnost koju donosi poslovni poduhvat (rizik, osetljivost, kritična tačka) i dr.

Formiranje varijanti poslovnih poduhvata (sistema od interesa), sa svojim parametrima i svojim varijablama, podrazumeva i testiranje svake varijante po datim kriterijumima, ali u funkciji etape u kojoj se rudnik nalazi. Analiza podrazumeva razmatranje varijanti poslovnih poduhvata sve dok se ne definišu svi elementi od interesa. Na ovaj način se određuje modelska situacija ili fazni portret rudnika, a ne realni sistem rudnika, koji se nikada ne može u potpunosti spoznati. U kojoj meri ovaj sistem odgovara realnosti (definisane pouzdanosti) moguće je utvrditi testiranjem po svetski poznatim metodologijama, uz uslov poznavanja verovatnoće pojavljivanja analiziranih varijabli i parametara. Dakle, ovim se modelom ispituje polje realnih mogućih poslovnih poduhvata i nalazi se dostavljaju vlasniku rudnika ili rudnog ležišta, odnosno finansijeru, na odlučivanje za dalja usmerenja.

Kreiranje poslovnog poduhvata predstavlja suštinu modelske analize. U svetu tržišne privrede ova aktivnost poznata je kao preduzetnički posao i on je od presudnog značaja za realizaciju procesa evaluacije.

Najveći broj informacija o parametrima i varijablama za svaki zamišljeni poslovni poduhvat (varijantu i etapu) daje rudarski inženjer (projektant), a deo informacija unosi ekonomista, koji učestvuje u procesu evaluacije. Ali, raditi, proizvoditi i poslovati po preduzetničkoj filozofiji nije nimalo jednostavno i jedino je to moguće ako se posluje profesionalno. Zbog toga rudnik mora poštovati načela planiranja i programiranja, savremene faktore projektovanja i specifičnosti rudarske privrede, da bi uveo profesionalizam u svom poslovanju i da bi mogao da obavlja svoje poslove po preduzetničkom principu. Preduzetničko se poslovanje izučava od strane raznih instituta i institucija, radi njegovog modeliranja u pravilan rad, kako bi svi učesnici u proizvodnji i prometu imali iste šanse. Unapređenje preduzetništva, uvođenjem profesionalnog menadžmenta u rudarstvo, omogućava uspešno poslovanje rudnika i to na sledećim osnovama:

- a) Stalna akciona orijentacija. To znači praviti brze obrte odlukama. Sve vreme radne aktivnosti provoditi u smišljanju progresivnih i profitabilnih akcija i donositi adekvatne odluke.
- b) Ne odvajati se od tržišta. Pristupnost na tržištu mora biti u kontinuitetu i neprestna, kako bi se posedovale, u svakom trenutku, tačne informacije o njegovim namerama. Kupac se uz to, po svim pitanjima, mora dobro poznavati, pa čak i kao ličnost sa svim svojim ljudskim osobinama. Tržište mora biti blizu rudnika sa svim svojim pravilima i osobinama.
- c) Produktivnost. Produktivnost se postiže kroz aktivnost saradnika. Lični primer je lični primer, međutim uspeh je zagarantovan u kolektivnom radu i ostvarivanju ciljeva mobilizacijom saradnika.
- d) Postojanje prostora za brzo projektovanje novog proizvoda. Za rudnike u Srbiji je karakteristično da se jed-

nom projektovan proizvod ne menja za sve vreme trajanja eksploatacije rudnog ležišta. Bez obzira na mnoštvo razloga za takvo stanje, to uglavnom šteti poslovnoj uspešnosti rudnika, iskorišćavanju rudnog ležišta i društvu i privredi u celini. Većina rudnika je projektovana u sistemu susretnog planiranja, pa je došao do izražaja kvantitet umesto kvaliteta. Državno vlasništvo, nemotivisanost inventivnog kreativnog rada, nedovoljna i neadekvatna znanja i obrazovanost radnika, loša radna kultura i drugi elementi, ne omogućavaju davanje prostora kvalitetu i novom proizvodu ispred kvantiteta.

- e) Jednostavna organizaciona struktura rudnika. Jednostavna organizaciona struktura podrazumeva manje šefova van proizvodnje, manje komisija, manje elemenata iz birokratije i razvodnjavanja akcija.
- f) Istaknuto stvaralaštvo preduzetnika u rudniku i preduzetničko razmišljanje. Bitno je prihvatanje preduzetničke filozofije od strane većine zaposlenih i da se svi trude za poslovnu uspešnost rudnika.
- g) Direktno, neposredno rukovođenje i upravljanje operativnim delovima rudnika.

Bez uvođenja modernog koncepta privređivanja nemoguće je tržišno poslovanje u rudarstvu. Izostanak svake poslovne inicijative, kroz obilje manje uspešnog preduzetništva, bila su osnovna karakteristika poslovne filozofije rudnika. Savremeni i profesionalni menadžment, koji je utemeljen na preduzetničkoj filozofiji, otkloniće devijacije u rudnicima koje su imale karakter manje uspešnog preduzetništva, kao:

- a) Duge analize i rasprave. Karakteristika nesposobnog rukovođenja su duge analize pred svaku ulogu ili ak-

tivnost i debate na radnim sastancima. Oni koji to čine i ne osećaju da su to suviše radnje. Imali smo u rudnicima rukovodioce koji su pojedine zadatke iz svoje nadležnosti pokušavali da reše formiranjem komisija čiji zaključci ne obavezuju nikoga, pošto ne dolaze od kompetentnih osoba.

- b) Nepoštovanje pravila regionalizacije rudnika. Sve se obavlja centralizovano, bez obzira na rudarske specifičnosti. Ne dozvoljavaju se eksperimenti, iako su oni svojstveni rudarskom pozivu.
- c) Kompleksna matriks-struktura. Ona je izazvana velikim brojem hijerarhijskih nivoa rukovođenja i upravljanja i uvođenjem koordinacionih štabova. U rudnicima se ovo dešava kada glavni inženjeri imaju više pomoćnika nego što je potrebno. Svaki od pomoćnika, da bi opravdao postojanje, formira administraciju koja je sama sebi svrsishodna, ali je sposobna i da usloži sve zadatke oko sebe.
- d) Ulaženje u nepoznata privredna polja. To je stanje kada se rukovodstvo, umesto da se bavi proizvodnjom, tržištem i poslovnim uspehom, bavi delatnostima koje nisu u vezi sa rudnikom, a uvlače se u rudnik. Rudnik postaje konglomerat.

Preduzetnička orijentacija rudnika koji uvede profesionalni menadžment je, u stvari, pravo rešenje za budućnost rudnika. Ova strategija zasnovana je na spoznajama strategijskog razvoja branše i odnosa preduzetničkog vođenja rudnika.

Ekonomski pokazatelji korišćeni u funkciji preduzetničkog delovanja su odlučujući za donošenje odluke (investicione funkcije) o vrednovanju rudnika ili rudnog ležišta, jer se predlog odluke radi po posebnom modelu. Ovim se modelom mere

indirektni efekti koji se ostvaruju radom rudnika po predloženoj varijanti. To su dodatni troškovi, ali i dodatne koristi koje stvara planirani poslovni poduhvat. Oni se javljaju u drugim, od rudnika zavisnim delatnostima. Na ovaj način se ukazuje da, ako ne dođe do realizacije analizirane varijante, neće biti ni ovih dodatnih efekata, a kako su oni u rudarstvu veoma važni, moraju se i detaljno analizirati. Analiza ukupnih efekata podrazumeva, sabiranje svih efekata koji se dobijaju preko komercijalne isplativosti i dodatnih finansijskih efekata koje se stvaraju radom rudnika.

Za realizaciju ovog dela neophodna je saradnja sa investitorom i državom kao vlasnikom ležišta. Naime, neophodno je identifikovati sve dodatne efekte na koje rudnik ima direktni uticaj (obuhvataju se svi oni privredni subjekti koji bez rudnika ne mogu da ostvare svoj proizvod). Kada se svi elementi neophodni za kompleksnu analizu pribave, može se proceniti doprinos rudnika nacionalnoj ekonomiji.

Praktično, donosioci odluke imaju pred sobom informacije o profitu koji se može ostvariti radom radnika, ali i podatke o njegovom indirektnom doprinosu nacionalnoj privredi. Vrednujući ove dodatne efekte, može se saznati ukupan značaj poslovnog poduhvata koji nacionalnoj ekonomiji donosi rudnik. Takođe, može se saznati i šta se događa ako se rudnik zatvori. Dakle, odnos koristi i štete je presudan za definisanje sudbine rudnika.

ZAKLJUČAK

Za uspešnu primenu postupka privatizacije i koncesionarstva, i za uspešno marketinško predstavljanje rudnika Srbije na svetskom tržištu rudarskih proizvoda, rudnika i njihovih akcija, ležišta mineralnih sirovina, kao i na tržištu kapitala koje se bavi ulaga-

njem u rudarstvo, neophodno je formirati metodologiju ekonomskog vrednovanja rudnika i ležišta mineralnih sirovina. Vlada Srbije i Ministarstvo za rudarstvo i energetiku, kao i naučno istraživačke kuće, treba da razjasne moguće nedoumice u navedenoj problematici, kako bi se nesmetano pristupilo realizaciji poslova u vezi revitalizacije rudarstva u Srbiji.

Imajući navedeno u vidu, jedno od rešenja je svakako u formiranju multidisciplinarnog tima stručnjaka sa zadatkom da formira metodologiju vrednovanja postojećih rudnika i ležišta mineralnih sirovina sa ekonomskog aspekta, a saglasno postojećim metodama koje se danas primenjuju u svetu tržišne privrede, kao i da predloži eventualne dopune postojeće zakonske regulative koja tretira ovu problematiku. Neki od zadataka multidisciplinarnog tima eksperata bi bili sledeći:

1. Analiza postojećih, u svetu priznatih geoloških, rudarskih i ekonomskih metoda koje se danas koriste u ove svrhe.
2. Analiza naših zakona koji definišu sadržaj i metode rada, u procesu ekonomskog vrednovanja rudnika i ležišta mineralnih sirovina, kao i njihovu međusobnu saglasnost i usklađenost sa zahtevima svetskog tržišta.
3. Analiza odgovarajućih geoloških, rudarskih i ekonomskih programskih paketa, koji se mogu kupiti na tržištu softvera, sa cenama, uslovima nabavke i korišćenja, uz ocenu njihovog kvaliteta i primenjivosti za ove potrebe.
4. Formiranje metodologije za rebilansiranje rudnih rezervi, ekonomsku ocenu postojećih rudnika i novih ležišta mineralnih sirovina, posmatrano sa ekonomskog stanovišta, a saglasno savremenim metodama

koje se primenjuju u svetu tržišne
privrede.

5. Predlog potrebnih dopuna postojeće
zakonske regulative koja tretira ovu
problematiku.
6. Primena predložene metodologije na
test-primeru nekog rudnika Srbije i
izrada demonstracionog modela koji
pokazuje osnovne karakteristike pri-
menjene metode procene.

LITERATURA

1. Dr Ivan Ahel, Bogatstvo na pogrešnoj
metodologiji, Danas, 03-04.02.2007.

UDK: 622:330(045)=861

D. Urošević, D. Đuranović***

PROBLEMI EKONOMSKE PROCENE VREDNOSTI RUDNIKA I REZERVI MINERALNIH SIROVINA U SRBIJI

PROBLEMS OF ECONOMIC VALUE EVALUATION OF THE MINES AND RESERVES OF MINERAL RESOURCES IN SERBIA

Izvod

Današnje svetsko tržište je definisalo sve elemente i kriterijume opštedruštvenog karaktera, pa samim tim i oblasti geologije i rudarstva. Ovi kriterijumi se bitno razlikuju od kriterijuma definisanih našim pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima, još iz 1979. god. Zbog toga je uspostavljanje kontakta sa svetom, kada su u pitanju investicije u rudarstvo, otežano i neizvesno jer su odluke o investiranju uglavnom vezane za egzaktno metode procene, priznate u svetskim monetarnim institucijama. Ove metode podrazumevaju timski rad geologa, rudara i ekonomista, koji kroz proces optimalizacije, analiziraju više varijanti i donose sud o parametrima budućeg poslovnog poduhvata tj. rudnika.

Abstract

The modern global market has defined all general social elements and criteria, which also holds true for geology and mining. These criteria significantly differ from criteria defined by our domestic Rulebook for classification and categorization of reserves of solid mineral raw materials and maintaining of recording thereof which was adopted in 1979. This makes the establishing of contacts with the world pertaining to investments in mining more difficult and uncertain, since decisions for investing in mining are mostly based on precise valuation methods, approved by world monetary institutions. These methods imply team work of geologists, miners, and economists, who apply the process of optimization to analyze several potential scenarios, to make judgements on parameters for the business venture, i.e. mine.

UVOD

Postojeći zakoni u Srbiji nedovoljno jasno, zahtevaju da se proceni vrednost rudnika i rezervi mineralnih sirovina sa ekonomskog aspekta. Za ove potrebe, neophodno je formirati metodologiju čijom se primenom jasno može sagledati isplativost rada rudnika sa komercijalnog i nacionalnog

aspekta, kako bi donosioci odluka znali šta je za rudarstvo Srbije najbolje uraditi.

Dosadašnje procene rezervi u ležištima mineralnih sirovina, prema postojećem „Pravilniku o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima“, kao i studije, odnosno projekti izrađeni na ovoj podlozi, ne obezbeđuju efikasnu realizaciju ovog cilja.

* Dr Dragoljub Urošević, dipl.inž.rud, Institut za ispitivanje materijala, Beograd,

** Dr Dragan Đuranović, dipl.ecc, Viša saobraćajna škola, Doboj

Isto tako, sadašnji pristup projektovanju radnika polazi od pretpostavke da se na sve bilansne rezerve (A, B i C1) odnosi proces dugoročnog planiranja rada rudnika. Projektanti rudari dobiju od geologa konture rudnih rezervi sa specifičnostima koje su prihvatili, kao osnovu za svoj rad, bez analize pouzdanosti i mogućnosti izmene ovako definisanih rezervi, koje je prethodno potvrdila posebna državna komisija. Ovo podrazumeva da se, u postupku kategorizacije ležišta (prema Pravilniku), kontura definiše samo sa jednim graničnim sadržajem, i to sa stanovišta kvaliteta, koji za potrebe kvantifikacije rezervi, nije nosio ekonomsko obeležje. Zbog toga se svaki predlog da se procene utvrđene rezerve u toku procesu eksploatacije, u cilju povećanja ekonomske efikasnosti rudnika, uglavnom smatrao raubovanjem i nebrigom o rudnom blagu zemlje, odnosno, društveno štetnom aktivnošću.

PROBLEMATIKA

Pravilnikom o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi čvrstih mineralnih sirovina i vođenju evidencije o njima („Sl. list SFRJ“, broj 53/79.), zahteva se pribavljanje brojnih informacija o geološkim karakteristikama ležišta, mineraloškom sastavu i rasporedu korisnih komponenti, kao i o svim tektonskim obeležjima. Pravilnik traži da se utvrde i druga obeležja ležišta od značaja za rad budućeg rudnika, a na osnovu kojih se utvrđuje i stepen istraženosti ležišta mineralne sirovine. Posebno se zahteva da se utvrde (procene) mase rezervi mineralne sirovine, bez jasnog definisanog kriterijuma o tome šta treba smatrati rezervom u konkretnom ležištu. Takođe, Pravilnik traži, da se rezerve svrstaju u kategorije, na osnovu stepena istraženosti, a prema datim kriterijumima u pravilniku.

I pored obilja podataka koji se na određen način utvrđuju, Pravilnik nedovoljno i nepotpuno određuje ekonomske pokazatelje vezane za ležište mineralnih sirovina, odnosno rudnik, prilikom eksploatacije određene

mineralne sirovine. Samim tim, nije moguće izvršiti prinosnu procenu rudnika, odnosno, podaci se ne mogu koristiti za potrebe koje nalaže zakonska regulativa. Drugim rečima, nije jasno istaknuto da ekonomski kriterijum mora da određuje šta treba smatrati rezervom u ležištu, odnosno, da samo po ekonomskom principu treba okonturiti ležište mineralne sirovine koje ima šansu da postane budući rudnik.

Dalje, pravilnik nalaže i klasifikaciju rezervi na bilansne i vanbilansne, na osnovu kriterijuma mogućnosti rentabilne eksploatacije. Zapravo, pravilnikom se utvrđuju mase mineralne sirovine, koje se postojećom tehnikom i tehnologijom eksploatacije i prerađene mogu rentabilno koristiti. Stepentabilnosti mora da je u skladu sa usvojenim opštedruštvenim ekonomskim kriterijumom i tehničkim kriterijumima koji se u pravilniku navode.

Međutim, danas, svetsko tržište određuje sve prometne opštedruštvene vrednosti, uključujući i vrednost rudnika i njegovih proizvoda jer svetsko tržište određuje opštedruštveni ekonomski kriterijum vrednovanja koji implicira značajne promene u svim sektorima privrede, pa i u rudarstvu, a sa njim i u geologiji. Dakle, usvajanjem ovog kriterijuma, bitno se menjaju rezerve svih rudnika i ležišta mineralnih sirovina, utvrđene kategorizacijom i klasifikacijom po pomenutom pravilniku. Odnosno uvođenjem ovog kriterijuma neophodno je rebilansirati rezerve svih rudnika Srbije, a to predstavlja veoma obiman, visokostručan i odgovoran posao.

Pored navedenog pravilnika, treba napomenuti da i druga zakonska regulativa, koja se odnosi na privatizaciju, koncesije i ocenu ekonomske opravdanosti investicija, kao i Pravilnik o sadržini dugoročnih programa eksploatacije ležišta mineralnih sirovina itd.) nedovoljno i neusaglašeno tretiraju tematiku ekonomskog vrednovanja rudnika i ležišta mineralnih sirovina sa ekonomskog stanovišta. Zato je nejasno, kako treba postupati kod realizacije postojećih zakona u praksi.

Imajući navedeno u vidu, proizilazi da zadatak koji u procesu rebilansiranja ležišta, po ekonomskim kriterijumima treba realizovati, glasi: neophodno je u aktivnom rudniku, odnosno u potencijalnom ležištu mineralnih sirovina (kod koga su utvrđene rezerve), formirati konturu novog rudnog tela koje će biti, na unapred definisani način, otkopano, s tim da se pri određivanju ove konture koristi kriterijum maksimalne profitabilnosti, ili profitabilnosti koja je tržišno dovoljno atraktivna, da omogućava uspešan rad postojećeg, odnosno, budućeg rudnika.

Ovo znači, da će u budućoj eksploataciji neki delovi ležišta (po dosadašnjim kriterijumima iz Pravilnika, određeni kao rezerve) biti izostavljani. Odnosno, na njih se ne može računati pri planiranju buduće proizvodnje koja mora da bude profitabilna, jer bi njihovo uključivanje u eksploataciju remetilo ekonomske parametre rudnika, odnosno, dovelo u pitanje njegov opstanak.

Rezerve utvrđene novom metodologijom, odnosno rebilansirane rezerve, pokažeće meru sposobnosti rudnika da prinosno posluje (nalog Zakona o privatizaciji, ali i svih drugih tržišnih zakona) i služiće kao osnova za njegovo vrednovanje sa tržišnog aspekta. Treba očekivati da će ovako rebilansirane rezerve biti manje od utvrđenih po kriterijumima Pravilnika. Odnosno, procesom rebilansiranja će se utvrditi da neki rudnici i nemaju komercijalno isplative rezerve, te da ih treba zatvoriti, odnosno, da na neka, danas definisana ležišta mineralnih sirovina po postojećem pravilniku, ne treba u skoroj budućnosti računati. To znači, da postojeći rudnik, odnosno ležište mineralnih sirovina, kao budući rudnik, treba predstaviti preko eksploatabilnih i neeksploatabilnih ekvidistantnih blokova i, ako je moguće, selektirati ih tako da se eksploatabilnim smatraju samo oni delovi ležišta koji obezbeđuju adekvatan prihod za ulagača kapitala i društvenu zajednicu. Samo, ovi delovi rudnika predstavljaju osnovu za procenjivanje vrednosti rudnika, za sve potrebe koje nalažu postojeći zakoni. Jasno je, da će se, na bazi podataka o parametarskim karateri-

stikama ležišta mineralnih sirovina ili rudnika, dobijenih putem ekonomskih kriterijuma, investitor odlučiti na ulaganje kapitala u rudnik, odnosno kupovinu koncesije za formiranje novog rudnika. Dalja realizacija ovoga cilja zahteva da se pri proceni rudnih rezervi i vrednovanju rudnika, primeni proces tehno-ekonomske optimalizacije parametara rudnika, odnosno, uradi kompleksna parametrizacija ležišta mineralnih sirovina i budućeg rudnika, koji će na utvrđenim rezervama moći da posluje sa profitom.

Dakle, tržišni način sagledavanja rada rudnika, ali i vrednovanja ležišta mineralnih sirovina, zahteva izmenjeni pristup kategorizaciji, projektovanju i dugoročnom planiranju razvoja rudnika. To znači da će multidisciplinarni tim stručnjaka utvrditi, za potencijalno ležište mineralnih sirovina, (ako realno postoji) onu konturu (sa novim graničnim sadržajem i novim rezervama), koja obezbeđuje komercijalno isplativu eksploataciju mineralnih sirovina, za vek eksploatacije u kome će se vratiti uloženi kapital i ostvariti neophodan profit. Prema ovako postavljenom konceptu, mineralna sirovina je samo ona supstanca koja sadrži minerale iz kojih se mogu, poznatom tehnologijom, izdvojiti vredni sastojci koji se mogu uspešno komercijalno prodati na (svetskom) tržištu.

U svetu tržišne privrede odluka o ulaganju u rudnik, kupovini koncesija za izgradnju novog rudnika ili akcija rudnika, uvek je izbor između više alternativa. Razlog tome je taj što investitor ima mogućnost da bira najbolju varijantu ili da uloži novac na neko drugo mesto. Odnosno, on želi da brzina porasta vrednosti njegovog kapitala bude maksimalna, a sigurnost ulaganja visoka.

TEHNOEKONOMSKA OPTIMALIZACIJA

Odluka o investiranju u rudarstvo je, po prirodi stvari, prihvatanje angažmana u uslovima neizvesnosti. Zato je važno da se adekvatnim metodama procene, neizvesnost minimizira. (Danas su odluke o investiranju

u rudarstvo sve manje heurističke-iskustvene, a sve više vezane za egzaktne metode procene.) Posebno je važno postojanje informacija o generisanom riziku koji nastaje pri realizaciji odluke o investiranju u konkretan rudarski poslovni poduhvat. Investitor prisutnu neizvesnost izražava putem sumnje u predloženu odluku (rešenje da investira u konkretan rudnik) i traži od vlasnika rezervi mineralnih sirovina, odnosno, rudnika, egzaktne dokaze da je investicija profitabilna i niskorizična. Ove informacije su presudne za proces odlučivanja investitora. Ovaj, za ovdašnje prilike još uvek nov ali neizostavan uslov, postavlja dopunske zahteve u pogledu metoda obrade geoloških, rudarskih i ekonomskih podataka jer je neophodno proračunom pokazati verovatnoću ostvarenja planiranih efekata.

Pronaći najbolje rešenje za rad rudnika podrazumeva korišćenje utvrđenog kriterijuma za najbolje rešenje (za radnike, vlasnika, državu, lokalnu zajednicu) i kvantificiranu meru ispravnosti rešenja, tj. kriterijum optimalnosti. Načelno, nema ograničenja da se optimalizira bilo koji cilj u radu rudnika, ali u tržišnoj privredi se najčešće, optimalizira profit. Odnosno, ispituje se mogućnost ostvarenja minimalnog profita koji je neophodno realizovati za vlasnika kapitala, u periodu eksploatacije rudnika, uz poznata postojeća ograničenja. To može biti i minimalni trošak eksploatacije, maksimalno vreme eksploatacije, neka željena pouzdanost rada itd., ali su skoro svi poznati modeli vezani za optimalizaciju profita. Danas se koriste modeli koji optimaliziraju mesečni rad rudnika, a najnovije verzije omogućavaju optimaliziranje dnevne proizvodnje, sa aspekta ostvarenja maksimalnog profita u danu koji predstoji.

Dakle, profit, koji se stvara rudarskom aktivnošću i koji je cilj optimizacije, ograničen je raspoloživim rezervama mineralne sirovine određenog sadržaja, parametarski definisanim kapacitetom rudnika (u odnosu na korisnu supstancu i jalovinu) i kapacitetom objekata pripreme mineralne sirovine, odnosno, kapacitetom krajnjeg prerađivača

(topionica ili elektrana kod eksploatacije uglja). Svakako da cena metala, odnosno električne energije (kod uglja) na tržištu i svi troškovi i dažbine, kao i investiciona ulaganja i kamate na ova ulaganja, bitno utiču na veličinu profita. Ovako funkcionalan i kompleksan sistem, koji se u vremenu dinamički menja i čije parametarske karakteristike nisu u fazi procene dovoljno poznate, donosi vlasniku kapitala određeni rizik. Poenta je, kako pouzdano, stvoriti najveći profit radom rudnika, odnosno, kako pokazati i dokazati budućem ulagaču kapitala, da je u konkretnom rudniku moguć pouzdan profitabilan rad koji zadovoljava njegove zahteve o uvećanju kapitala.

Danas se, umesto matematičke formalizacije nelinearno dinamičko programiranje ovog kompleksnog sistema, primenjuje jednostavniji, ali dovoljno dobar, prilaz koji koristi metodu tehnoloških varijanti eksploatacije i pripreme mineralne sirovine. Sa ovim matematičkim aparatom koji je blizak inženjerima koji rade u rudarskoj praksi, rad je neuporedivo brži i lakši. Savremeni računari omogućavaju da se primenom deskriptivne geometrizacije i prostorne grafike (GIS tehnologija i sl.), svi problemi optimalizacije pokažu korisnicima na veoma jednostavan i pristupačan način. U postupku analize varijanti (po ovom principu), variraju se geološki i rudarski parametri u granicama koje dopušta konkretno ležište mineralne sirovine. Ove se varijante naknadno ekonomski vrednuju i međusobno upoređuju. Ona varijanta koja pokaže najveću ekonomsku efikasnost (donosi najveći profit), a ispunjen je uslov da se pri varijaciji ključnih parametara, ostvaruju zadate vrednosti, smatra se „optimalnom“. Geološki i rudarski parametri koji su korišćeni u „optimalnoj“ varijanti smatraju se parametrima budućeg rudnika. Na ovaj način su, putem usvojenog graničnog sadržaja korisnih komponenata, u ležištu mineralnih sirovina, definisane i rezerve, odnosno obavljen je i proces rebilansiranja rezervi. Primenom ovog postupka mogu se proveriti mnoge ideje koje imaju za cilj povećanje profita, kao i njihovu

osetljivost na promene parametara rudnika, koje su u praksi uvek moguće. Svi rudnici, ukoliko se, u postupku optimalizacije, pokažu da su ekonomske prinosne mogućnosti rudnika ili rezervi ispod zadatih kriterijuma komercijalne isplativosti, treba da se testiraju prema drugom kriterijumu, npr. kriterijumu nacionalne isplativosti. Ako se i pri ovom testiranju ne pokaže sposobnost prinosnog poslovanja, tada se oni zatvaraju i konzerviraju za buduće generacije.

Opisani modeli ne vrednuju želje države, vlasnika ili radnika o radu ili budućnosti rudnika, već pokazuju cenu za realizaciju svakoga cilja koji je od interesa, a to je izuzetno važno za današnje rudarstvo u Srbiji. Praktično, tada se zna koliko košta nastavak rada rudnika pod sadašnjim uslovima ili njegova revitalizacija ili zatvaranje. Dakle, donosioci odluka će tek tada znati šta je za srpsko rudarstvo najbolje uraditi.

MULTIDISCIPLINARNI TIM

Izloženi postupak, kako je već rečeno, zahteva rad multidisciplinarnog tima stručnjaka, prvenstveno geologa, rudara i ekonomista, uz primenu računara i adekvatnog softvera, kako bi se ubrzao rad kod analize svih varijanata, jer se u ovom poslu često javljaju specifični problemi koje treba posebno da razmotre i specijalisti drugih struka. Proces optimalizacije podrazumeva interaktivnu aktivnost, u kojoj se postupno analiziraju pojedine varijante i donosi konačna odluka o parametrima budućeg rudnika, na osnovu ekonomskih kriterijuma. Zato je neophodno da se rad odvija timski, u okvirima koje je definisalo svetsko tržište za vrđnovanje rudnika i rudnik rezervi, kroz sledeće aktivnosti.

Aktivnost geoloških eksperata. Za početak rada je veoma važno obezbediti kvalitetne geološke informacije, u potrebnom obimu, koje su rezultat kvalitetne metode procene rezervi jer se tada greška procena svodi na minimum. Takođe je neophodno obezbediti informacije o raspodeli verovatnoće sadržaja korisnih kompo-

nenti u mineralnoj sirovini, kao i o graničama poverenja za srednji sadržaj rezervi, iznad usvojenog graničnog sadržaja. Jedino se preko ovih informacija može govoriti o mogućnosti selektovanja rudnog tela na bogatije i siromašnije rezerve i preko njih tražiti „ekonomski optimum“.

Aktivnosti rudarskih eksperata. Rudarski zadatak je složeniji jer zahteva razradu onih varijanti koje nastoje da obezbede dobijanje maksimalne količine finalnog proizvoda, sa minimumom iskopa (korisne supstance i jalovina) i minimumom korisne supstance koja se šalje u pripremu. U ovom poslu se variraju, pre svega, različiti zahvati rudnih rezervi, sa korisnim sadržajem, ali i sa različitim otkopnim metodama i drugim tehnološkim elementima otkopavanja, koje ovakvu eksploataciju omogućavaju. Varijaciji podležu i drugi rudarski, kao i tehnološki činioci (priprema, ventilacija, zaštita životne sredine itd.), sa kojima se određuje rad rudnika za pojedine blokove ili pojedine otkope. Praktično, na ovaj se način dobija skup elementarnih projekata, koji predstavljaju lokalni „optimum“ i koje treba na pogodan način integrisati, uz data ograničenja u sistem rudnik. Optimalna parametarska funkcija predstavljena je skupom jednačina i nejednačina i ne može se jednostavno predstaviti kao funkcija jedne nepoznate, za koju se traži ekstremna vrednost. Za ovaj posao razrađeni su brojni modeli koji služe za različite uslove eksploatacije i različite metode otkopavanja. Kompjuterizacija ovog posla je od presudne važnosti za uspeh celog poduhvata. Izbor kompjuterskih paketa koji omogućavaju uspešnu realizaciju ovog dela predstavlja veoma složen, visokostručan i odgovoran zadatak koji, takođe, treba što hitnije rešavati. Bez ovog rada nema procesa parametrizacije, ni rebilansiranja rezervi mineralnih sirovina i, konačno, nema ni ekonomske ocene prinosne sposobnosti rudnika.

Aktivnost ekonomskih eksperata. Za ekonomsko vrednovanje pojedinih integralnih varijanti eksploatacije i prerade rude,

koje sadrže lokalne optimume, postoji veći broj metoda koje su uskladu sa zahtevima investicionih fondova i banaka u svetu i UNIDO preporukama, a koje prihvata i svet tržišne privrede. Za realizaciju ovog dela posla potrebno je imati informacije o ekonomskim uslovima u kojima će se odvijati proizvodni proces, a koji se odnose, uglavnom, na cenu kapitala na svetskom tržištu, cenu proizvodnje, sve poreze i prodajnu cenu proizvoda. Ovi elementi bitno utiču na profitabilnost rudnika i važno je poznavati njihove varijacije.

Kod izbora softverskih paketa za ekonomsko vrednovanje treba voditi računa o njihovoj prilagođenosti za potrebe uklapanja lokalne ekonomije koji daju tehno-ekonomski modeli na nivou blokova, u celokupni sistem optimizacije rudnika.

ZAKLJUČAK

Dugo prisutni problemi pokazuju da rudarstvu Srbije predstoji veoma ozbiljna aktivnost na rebilansiranju rudnih rezervi i ekonomskom vrednovanju rudnika i rudnih rezervi. Za realizaciju ovog posla neophodno je formirati odgovarajuću metodologiju

koja danas nedostaje. Postojeća zakonska regulativa ne sprečava, ali i ne omogućava potpuno realizaciju ovih zadataka, te je neophodno raditi na njenom dopunjavanju i usaglašavanju.

Rudarska javnost i istraživačke i projektanske organizacije koje se bave ovim problemima, očekuju razjašnjenje izložene nedoumice, kako bi mogli nesmetano da priđu realizaciji poslova po zahtevima svetskog tržišta. Zato treba integrisati mišljenja stručnjaka o nastalim problemima, kako bi se našla rešenja koja su adekvatna trenutku i omogućavaju primenu zakonodavne regulative u praksi. Za to treba formirati tim eksperata sa zadatkom da procene stvarnu vrednost rudnika i rudnih ležišta, a ne njihovu trenutnu, uglavnom malu, poslovnu sposobnost i da definišu rešenja za spas rudarstva u Srbiji.

LITERATURA

1. Dr Ivan Ahel, Bogatstvo na pogrešnoj metodologiji, Danas, 03-04.02.2007.

UDK: 622.26(045)=861

V. Milić, Ž. Milićević, N. Cvetković*

IDEJNO REŠENJE PRIPREME RUDNOG TELA "TILVA ROŠ" ISPOD XIII HORIZONTA U JAMI BOR

DEVELOPMENT OF „TILVA ROS” ORE BODY UNDER THE XIII LEVEL IN „JAMA” BOR UNDERGROUND MINE

Izvod

U ovom radu daje se alternativni način pripreme rudnog tela "Tilva roš" u Jami Bor. Predlaže se rešenje koje podrazumeva primenu modifikovane metode podetažnog zarušavanja sa većom visinom između podetaža. Povećanjem visine između podetaža od 15 na 30 m koeficijent pripreme se značajno smanjuje. To znači da se izrađuju znatno manje dužine pripremnih hodnika za pripremanje otkopavanja odgovarajuće količine rude.

Takođe, u radu se daju osnovni parametri i pokazatelji primenjene kao i novopredložene metode otkopavanja, kao njihova analiza i upoređenje.

Želja autora je da za konkretne uslove rudnog tela "Tilva roš" ponudi rešenje za otkopavanje dubljih delova sa izmenjenom konstrukcijom metode koja se u potpunosti može uklopiti u već postojeći sistem otvaranja i razrade. Predloženo rešenje garantuje manji obim pripremnih radova, veliku sigurnost, zadovoljavajući proizvodni kapacitet i znatno smanjenje troškova otkopavanja. Sistem pripreme rudnog tela za otkopavanje je jedostavniji i savremeniji.

Cljučne reči: podetažno zarušavanje, priprema ležišta, koeficijent pripreme

Abstract

This paper suggests the alternative for development of "Tilva Ros" ore body in "Jama Bor" underground copper mine. New solution includes the application of modified sublevel caving, with increased vertical spacing between levels. Increase of vertical spacing from 15 m to 30 m provides significant reducing of development ratio. This means lower drifting distances and less time needed for development.

Also, paper provides basic parameters of actual and new suggested mining method, their analyses and comparison.

Author's aim is to provide optimal design for mining deeper parts of "Tilva Ros" ore body, with altered method construction, which could completely fit into existing system of opening and development. Suggested solution guarantees decrease of development ratio, good safety, satisfying outputs and significant reducing of overall costs. Development of ore body is simple and advanced.

Key words: sublevel caving, development, development ratio

* Vitomir Milić, Živorad Milićević, Nenad Cvetković, Tehički fakultet u Boru

UVOD

Podzemna eksploatacija rude bakra u Boru obavlja se u rudnim telima "Tilva roš", "P₂A" i "Brezonik". Nosilac proizvodnje je rudno telo "Tilva roš" odakle se može dobiti najveća količina rovne rude.

Osnovna karakteristika sadašnje eksploatacije je otkopavanje rude na sve većim dubinama i sa sve manjim sadržajem korisnih komponenti u njoj. Spuštanjem eksploatacije na veće dubine znatno se povećavaju troškovi eksploatacije. Sve ove okolnosti zahtevaju iznalaženje najboljih tehničkih i tehnoloških rešenja sa osnovnim zadatkom da se smanje troškovi otkopavanja.

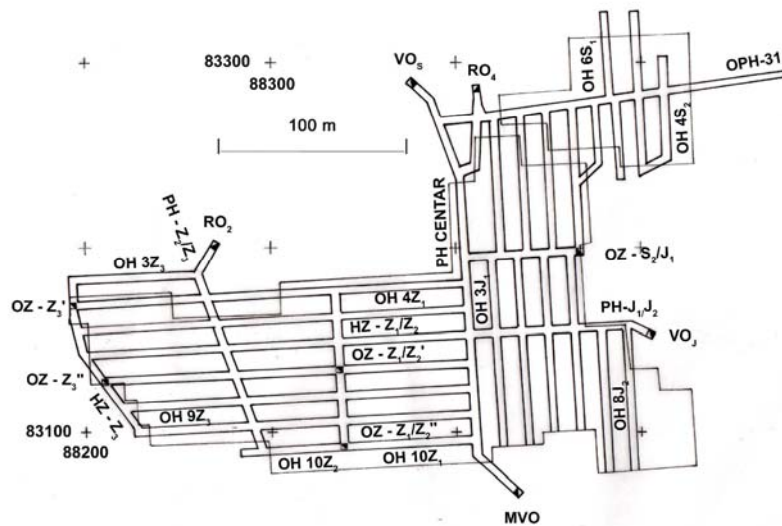
Primenom švedske varijante podetažnog zarušavanja može se ostvariti visoka proizvodnost i produktivnost metode, što predstavlja njenu najveću prednost. Takođe, prednost metode je mogućnost potpunog mehanizovanja tehnološkog procesa. Osnovni nedostatak švedske varijante je veliki obim pripremnih radova i veliki koeficijent pripreme, što znatno povećava troškove otkopavanja. Koeficijent pripreme može se smanjiti povećanjem rastojanja između podetažnih hodnika i povećanjem rastojanja između podetaža. U ovom radu daje se predlog nove konstrukcije metode podetažnog zarušavanja sa većom visinom podetaža. Na ovaj način znatno se smanjuje obim pripremnih radova, smanjuju se troškovi izrade pripremnih, odnosno otkopnih hodnika. Takođe, u radu se daje alternativni način pripreme za konkretne uslove rudnog tela "Tilva roš". Na ovaj način priprema rudnog tela je jednostavnija, a predlog načina otkopavanja savremeniji.

ANALIZA POSTOJEĆEG STANJA EKSPLOATACIJE U RUDNOM TELU "TILVA ROŠ" ISPOD XIII HORIZONTA

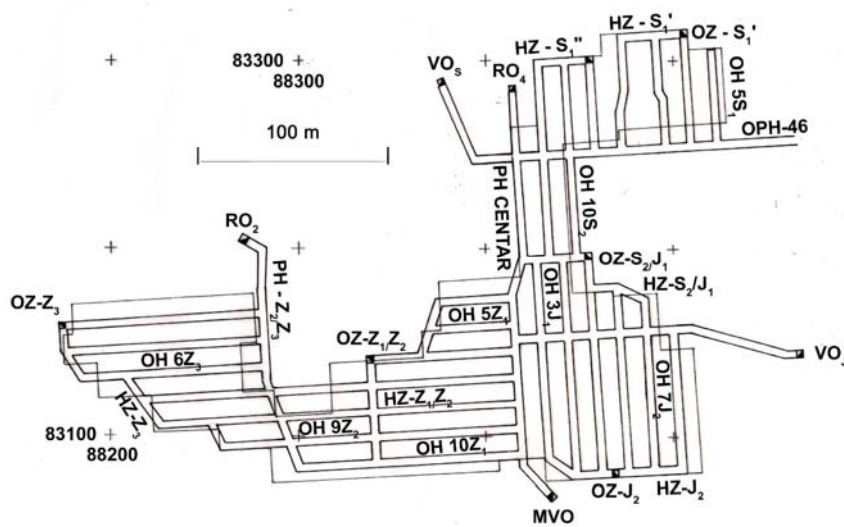
Rudno telo "Tilva roš" je većim delom otkopano borskim površinskim kopom, a preostale rudne rezerve su se našle u zapadnoj kosini i ispod bivšeg površinskog kopa koji se ispunjava raskrivkom sa površinskog kopa "Veliki Krivelj". Podzemno otkopavanje rudnog tela se obavlja metodom podetažnog zarušavanja rude i krovinskih stena i to "švedskom metodom" sa visinom između podetaža koja iznosi 15 m. Otkopavanje se sada odvija na podetaži K-31, a prethodno su otkopane podetaže K-1 i K-16. Raspored hodnika na podetaži K-31 dat je na slici 1. Pružanje hodnika u sektorima sever i jug je u pravcu sever-jug, dok hodnici u sektoru zapad imaju pravac pružanja istok-zapad. Hodnici na koti K-31 imaju isti raspored i pružanje kao na koti K-16, s tim što su (gledano u planu) locirani između njih, to jest osno su pomereni za 7 m.

Postojeće stanje eksploatacije na podetaži K-31 je sledeće: otkopan je sektor sever levo od PH-31, kao i sektor zapad. U sektoru jug se obavlja bušenje minskih bušotina u lepeznom rasporedu i istakanje rude. U sektoru sever se nalazi određen broj otkopanih hodnika koji su naknadnim geološkim istraživanjima ubačeni u konturu rudnog tela i u tom su delu hodnici izrađeni.

Na koti K-46, koja će biti sledeća podetaža za otkopavanje, trenutno je u izradi podetažni hodnik PH-46, sa napredovanjem ka rudnom oknu RO₄ i radi se iz glavnog servisnog spiralnog niskopa GSN-16/-76, počev od kote K-48 uskopno do kote K-46, a zatim sa nagibom od 3 ‰ radi odvodnjavanja podetaže. Raspored hodnika na podetaži K-46 dat je na slici 2. Raspored i pravci pružanja hodnika po sektorima su isti kao na prethodnim podetažama, a ispoštovana je usaglašenost u ovoj pomerivosti hodnika u odnosu na višu podetažu.



Sl. 1. Raspored prostoriya pripreme na podetaži K-31



Sl. 2. Raspored prostoriya pripreme na podetaži K-46

TEHNIČKI OPIS PROSTORIJA PRIPREME NA NIVOIMA K-31 i K-46

Nagib otkopnih hodnika je 3 %, dok su podetažni hodnici nagiba 5 % (kao i osnovni podetažni hodnici). Dužine otkopnih hodnika ne prelaze 90 m, jedino su centralni podetažni hodnici nešto duži i iznose 155 m (na K-31) odnosno 165 m (na K-46). Oblik poprečnog preseka svih prostorija na otkopnim nivoima K-31 i K-46 je niskozasvođen, a površina iznosi 12,7 m². Hodnici se ne podgrađuju, osim ako se za to izuzetno ne iskaže potreba. Hodnici dele rudno telo na otkopne blo-kove iz kojih se ruda po miniranju istače i doprema do rudnih okana RO₂ i RO₄ [1], [2].

PRORAČUN KOEFICIJENTA PRIPREME ZA POSTOJEĆE USLOVE

Koeficijent pripreme se proračunava kako bi se imao uvid u podatak koliko dužnih metara prostorija pripreme treba izraditi za svaku tonu rovne rude koja se otkopa. To je potrebno i radi određivanja troškova otkopavanja, ali i troškova pripreme. Takođe, na osnovu koeficijenta pripreme planira se i dinamika izrade pripremnih prostorija svih vrsta. Da bi se izračunao koeficijent pripreme potrebno je znati ukupnu dužinu prostorija pripreme (L_{pr}) i količinu rovne rude (Q_{rr}), a zatim sračunati koeficijent pripreme po obrascu [3]:

$$k_{pr} = \frac{L_{pr}}{Q_{rr}}, [m/t]$$

Rovna ruda (Q_{rr}) predstavlja rudnu masu koja se dobije iz rudnog tela otkopavanjem i sadrži čistu rudu i jalovinu koja je, u stvari, ruda sa sadržajem bakra ispod 0,4 %. Količina rovne rude se računa po obrascu [4]:

$$Q_{rr} = Q_{gr} \frac{k_{ir}}{1 - k_{or}} = Q_{gr} \cdot k_{rm}, [t]$$

gde su:

Q_{gr} – geološke rezerve rude (u bloku), [t]

K_{ir} = 0,8 – koeficijent iskorišćenja rude

K_{or} = 0,15 – koeficijent osiromašenja rude

K_{rm} – koeficijent rudne mase.

Geološke rezerve za otkopne nivoe K-31 i K-46 su sračunate na osnovu srednjih aproksimiranih kontura za svaki od nivoe i iznose [5]:

$$Q_{gr-31} = 1.352.850 \text{ t}$$

$$Q_{gr-46} = 1.313.700 \text{ t}$$

Na osnovu prethodno navedenih podataka mogu se odrediti količine rovne rude i one iznose:

$$\begin{aligned} Q_{rr-31} &= \frac{Q_{gr-31} \cdot k_{ir}}{1 - k_{or}} = \\ &= \frac{1.352.850 \cdot 0,8}{1 - 0,15} = 1.273.270,6t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_{rr-46} &= \frac{Q_{gr-46} \cdot k_{ir}}{1 - k_{or}} = \\ &= \frac{1.313.700 \cdot 0,8}{1 - 0,15} = 1.236.423,5t \end{aligned}$$

Na osnovu predmera prostorija pripreme po otkopnim nivoima K-31 i K-46 određene su ukupne dužine prostorija pripreme za svaki od nivoe [5]. One iznose:

Za podetažu na K-31: L_{pr} = 3536,5 m

Za podetažu na K-46: L_{pr} = 3422,0 m

Zamenom vrednosti u obrascu za izračunavanje koeficijenta pripreme dobijaju se vrednosti za otkopne nivoe K-31 i K-46:

$$\begin{aligned} k_{pr-31} &= \frac{L_{pr-31}}{Q_{rr-31}} = \\ &= \frac{3536,5}{1.273.270,6} = 0,00278m/t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{pr-46} &= \frac{L_{pr-46}}{Q_{rr-46}} = \\ &= \frac{3422}{1.236.423,5} = 0,00277m/t \end{aligned}$$

ANALIZA DOBIJENIH POKAZATELJA I PREPORUKE ZA OTKLANJANJE UOČENIH NEDOSTATAKA

Osnovni nedostatak podetažnih metoda jeste veliki broj prostorija pripreme, pa je samim tim njihova ukupna dužina znatna. U prethodnom delu rada sračunati su koeficijenti pripreme za otkopne nivoe K-31 i K-46 koji iznose nešto manje od 0,0028 m/t. S obzirom na to da u pripremi oba nivoa nisu predviđena okna zasecanja za grupe otkopnih hodnika, može se reći da su dobijene vrednosti koeficijenata pripreme veliki.

Osim toga, način provetravanja zapadnog dela rudnog tela nije rešen na zadovoljavajući način. Naime, hodnici sektora zapad-2 i zapad-3 na oba otkopna nivoa provetravaju se tako što se rudno okno RO₂, to jest deo okna koji povezuje otkopne nivoe sa hodnikom 13-7, kojim se istrošena vetrena struja odvodi do VO₄, koristi kao vetreno okno. To prouzrokuje podizanje prašine iz donjeg dela rudnog okna pri istovaru rude, a to nisu odgovarajući uslovi za rad.

Drugi način provetravanja ovih sektora rudnog tela bi bio da se hodnici separatno provetravaju cevovodima sa ventilatorima postavljenim u podetažnom hodniku PH-centar. Ti cevovodi bi imali maksimalne dužine do 230 m (K-31), odnosno do 300 m (K-46), što prelazi dužinu od 150 m koja se preporučuje kao gornja granica za separatno provetravanje. Zbog težnje da se geometrija otkopavanja na nivoima K-31 i K-46 usaglasi sa višim otkopnim nivoima, uključujući tu u površinski kop, primenjen je način pripreme koji je neuobičajen i nestandardan, a sam po sebi i veoma složen, te ne predstavlja dobar primer kako treba da izgleda priprema rudnog tela za otkopavanje.

Kako bi se navedeni nedostaci primenjenog načina pripreme ublažili ili otklonili moguće je učiniti nekoliko promena. Najpre, raspored pripremljenih hodnika treba da je što jednostavniji. Otkopni hodnici treba da su istog pravca pružanja kako bi im pristup bio

prostiji i kako bi bilo manje podetažnih hodnika. Neophodno je, takođe, zadovoljavajuće provetravanje otkopa obezbeđivanjem neophodnog broja i rasporeda ventilacionih okana kako bi bili optimalniji provetravanje i troškovi pripreme. Navedene izmene bi trebalo da doprinesu smanjenju koeficijenta pripreme, ali i ukupnom poboljšanju efekata pripreme i otkopavanja.

PREDLOG NOVOG NAČINA PRIPREME RUDNOG TELA DO NIVOVA K-76

U prethodnom delu rada analizirana je primenjena priprema rudnog tela "Tilva roš" na otkopnim nivoima K-31 i K-46 i preporuke za otklanjanje nedostataka. Pored toga, u uvodu ovog rada je pomenuta mogućnost povećanja visine podetaža sa 15 m na 30 m, čime bi se znatno smanjio koeficijent pripreme, a time i troškovi pripreme i otkopavanja. Povećanjem visine podetaža dobija se modifikovana "švedska metoda", čime se menja geometrijski oblik otkopnog bloka i lepezasti raspored minskih bušotina. Osnovno rastojanje između otkopnih hodnika se ne menja i ono iznosi 14 m, tako da se blok povećava samo u visinu, pa će zbog tog broja minskih bušotina u lepeznom rasporedu biti 12 umesto 8 [6]. Međutim, širina bloka rude koji se otkopava u suštini se povećava za 4 m i iznosi celih 14 m, što nije slučaj kod "švedske varijante" gde je blok uža za širinu otkopnog hodnika.

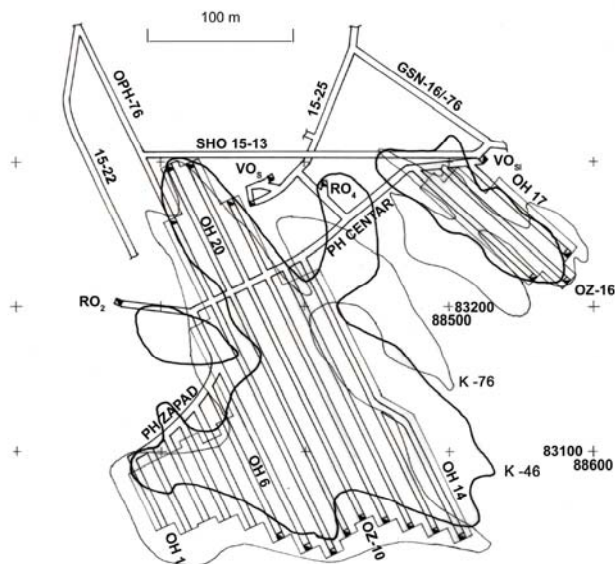
Priprema rudnog tela za otkopavanje na koti K-76 se izvodi tako što se najpre već izgrađeni istražni hodnik IH 15-1 adaptira do niskozasvođenog oblika poprečnog preseka površine 12,7 m², čime on postaje osnovni podetažni hodnik OPH -76 i povezan je servisnim hodnikom odvodnjavanja SHO 15-13 (slika 3.), sa glavnim servisnim spiralnim niskopom rudnog tela "Tilva roš" (GSN -16/-76). U nastavku OPH -76, od raskršća sa SHO 15-13, nalaziće se otkopni hodnik OH-8 takođe dobijen adaptacijom istražnog hodnika IH 15-1. Na 110 m razdaljine od raskršća OPH -76 i SHO 15-13 izradiće se

podetažni hodnik PH-centar koji će deliti centralni deo otkopnog polja na dva dela i spojiće ga sa izdvojenim severoistočnim delom. Podelom se postiže maksimalna pojedinačna dužina hodnika 211 m. Nekoliko otkopnih hodnika imaju dužinu preko preporučene gornje granice od 150 m za separatno provetravanje, što se može kompenzovati nešto većim kapacitetom i depresijom ventilatora.

U nastavku hodnika PH-centar na jednom kraju se nalazi rudno okno RO₂ sa spojnim hodnikom, a na drugom ventilaciono okno VO_{SI} koje se nalazi uz severoistočni deo rudnog tela i spaja podetažu sa glavnim servisnim spiralnim niskopom. Iz otkopnog hodnika OH-7 će se izraditi pripremni hodnik PH-zapad iz kojeg će biti izrađeni otkopni hodnici koji, svi osim OH-6, neće imati okna zasecanja, već će ruda biti obarana kosim bušotinama koje se buše do kontakta sa jalovinom u krovini. Svi ostali otkopni hodnici će imati okna zasecnja kvadratnog poprečnog preseka dimenzija 3 x 3 m, dužine 26,5 m, koja će naknadno biti proširivana do širine otkopnog bloka. Zarušena jalovina sa viših

otkopnih nivoa će ispunjavati otkopani prostor. Potom će se bušiti minske bušotine i obarati ruda u stešnjenjenu sredini. Otkopavače se odstupno, povlačenjem ka podetažnim hodnicima PH-centar i PH-zapad. Ruda će se odvoziti do rudnih okana RO₂ i RO₄. Provetravanje otkopnih hodnika će biti separatno ventilatorima sa cevovodom postavljenim u svežoj vetrenoj struji u PH-centar. Za izvođenje istrošene vetrene struje preko PH-centar korišće se VO_{SI}. Na kraju hodnika 15-25 nalazi se ventilaciono okno VO_S kojim se izvodi istrošena vetrena struja sa transportnog nivoa na XVII horizontu, kao i iz hodnika 15-25 i magacina eksploziva koji se nalazi kod raskršća hodnika 15-25 i servisnog spiralnog niskopa SSN-16/-76. Ovo okno će, takođe, biti korišćeno za izvođenje istrošene vetrene struje sa podetaže preko spojnog hodnika SH-RO₄.

Ova metoda otkopavanja predstavlja savremenu metodu koja omogućava potpunu mehanizaciju tehnološkog procesa dobijanja rude, čime se postižu visoka proizvodnost i produktivnost.



Sl. 3. Predložene izmene otkopne pripreme na nivou K-76

**PRORAČUN KOEFICIJENTA PRIPREME
ZA DEO LEŽIŠTA DO NIVOVA K-76**

Koeficijent pripreme na otkopnom nivou K-76 proračunava se na isti način kao i za nivoe K-31 i K-46, s tim što se geološke rudne rezerve obračunavaju na osnovu površine koju, gledano u planu, zauzimaju otkopni blokovi (slika 3.). U

tabeli 1. nalazi se predmer prostorija pripreme na nivou kote K-76, u koji ne ulaze vetreno okno VO_S i deo servisnog hodnika SH 15-25 koji vodi od spojnog hodnika SH-RO₄ do VO_S, jer su oni izrađeni u sklopu prostorija razrade i imaju ulogu provetravanja i nižih i viših nivoa u jami, pored provetravanja otkopnog nivoa K-76.

Tabela 1. Predmer prostorija pripreme na K-76

NAZIV PROSTORIJE	DUŽINA PROSTORIJE (m)
OPH -76	100
PH CENTAR	234
PH ZAPAD	92
OH 1	52
OH 2	62
OH 3	64
OH 4	73
OH 5	91
OH 6	115
OH 7	182
OH 8	193
OH 9	185
OH 10	180
OH 11	190
OH 12	200
OH 13	211
OH 14	113
OH 15	112
OH 16	117
OH 17	93
OH 18	56
OH 19	92
OH 20	96
OH 21	109
SH - RO ₂	48
SH - RO ₄	42
RO ₂	30
RO ₄	30
VO _{S1}	15
OZ	424
Σ	3601

Obračun geoloških rudnih rezervi koje će biti obuhvaćene otkopnim blokovima se vrši po obrascu:

$$Q_{gr-76} = P_{-76} \cdot h \cdot \gamma_r, [t]$$

gde su:

$P_{-76} = 33.600 \text{ m}^2$ – površina kojom je rudno telo obuhvaćeno otkopnim blokovima (gledano u planu)

$h = 30 \text{ m}$ – visina otkopnog bloka

$\gamma_r = 2,9 \text{ t/m}^3$ zapreminska masa rude

Zamenom vrednosti dobija se:

$$Q_{gr-76} = 33.600 \cdot 30 \cdot 2,9$$

$$Q_{gr-76} = 2.923.200 \text{ t}$$

Da bi se odredio koeficijent pripreme potrebno je odrediti količinu rudne mase koja će biti istočena, odnosno rovne rude po obrascu:

$$Q_{rr-76} = Q_{gr-76} \cdot \frac{k_{ir}}{1 - k_{or}}, [t]$$

gde su:

$Q_{gr-76} = 2.923.200 \text{ t}$ – geološke rudne rezerve na otkopnom nivou K-76,

$k_{ir} = 0,77$ – koeficijent iskorišćenja rude,

$k_{or} = 0,097$ – koeficijent osiromašenja rude.

Koeficijent iskorišćenja i osiromašenja za modifikovanu „švedsku metodu“, sa visinom podetaže od 30 m, razlikuju se od istih kod „švedske metode“ sa visinom podetaže od 15 m. Navedene vrednosti ($k_{ir}=0,77$, $k_{or}=0,097$) su rezultat ispitivanja koja je u svom diplomskom radu „Predlog otkopavanja rudnog tela „Tilva roš“ ispod XIII horizonta u jami Bor“ obavio kandidat Milan Delić 1999. godine [7].

Zamenom vrednosti dobija se količina rovne rude:

$$\begin{aligned} Q_{rr-76} &= Q_{gr-76} \frac{k_{ir}}{1 - k_{or}} = \\ &= 2.923.200 \cdot \frac{0,77}{1 - 0,097} \end{aligned}$$

$$Q_{rr-76} = 2.492.651,2 \text{ t}$$

Koeficijent pripreme se dobija zamenom vrednosti u već poznatom obrascu:

$$\begin{aligned} k_{pr} &= \frac{L_{pr}}{Q_{rr-76}} = \\ &= \frac{3.601}{2.492.651,2} = 0,001445 \text{ m/t} \end{aligned}$$

ANALIZA I KOMENTAR DOBIJENIH REZULTATA

Proračun koeficijenta pripreme za otkopni nivo K-76 iznosi 0,001445 m/t i gotovo je dvostruko niži od istih za otkopne nivoe K-31 i K-46. Kako većina otkopnih hodnika ima okna zasecanja, za razliku od dva viša nivoa, može se konstatovati da je cilj - smanjenje koeficijenta pripreme postignut na dosta zadovoljavajući način. Na osnovu predmera prostorija za sva tri otkopna nivoa i specifikacije prostorija, kao i slika 1, 2 i 3 može se videti da je broj prostorija na K-76 dosta manji, da je raspored prostorija na K-76 u priličnoj meri jednostavniji od onih na podetažama K-31 K-46 i da su otkopni hodnici međusobno paralelni. Kao nedostatak pripreme na koti K-76 može se smatrati činjenica da će nekoliko otkopnih hodnika imati dužinu separatnog provetravanja preko preporučene dužine od 150 m, što će biti kompenzovano nešto uvećanim kapacitetom i depresijom ventilatora za separatno provetravanje.

ZAKLJUČAK

U Jami Bor trenutno se otkopavaju rudna tela „Brezonik“, „Tilva roš“ i „P₂A“. Glavni nosilac proizvodnje rude bakra je rudno telo „Tilva roš“, gde se eksploatacija obavlja na nivou K-31. Dominantno mesto u podzemnom otkopavanju ima modifikovana „švedska varijanta“ podetažnog zarušavanja.

Primenom „švedske varijante“ podetažnog zarušavanja, sa visinom podetaže od 15 m, postižu se veliki kapaciteti, kao i visoki stepeni mehanizovanosti otkopavanja i produktivnosti. Međutim, veliki obim pripremnih radova i veliki troškovi izrade pripremnih hodnika mogu dovesti u pitanje isplativost otkopavanja. Stoga se može iskoristiti mogućnost povećanja visine podetaža sa 15 m na 30 m, čime bi bio znatno smanjen koeficijent pripreme, a samim tim troškovi pripreme i cena dobijanja jedne tone rude iz otkopnog bloka.

Koeficijent pripreme na podetažama K-31 i K-46 je gotovo identičan i iznosi nešto manje od 0,0028 m/t, a povećanjem visine podetaže sa 15 m na 30 m i spuštanjem sledeće na K-76, umesto na K-61, postignuto je da koeficijent pripreme bude gotovo dvostruko niži i iznosi 0,001445 m/t. Osim što je u velikoj meri smanjen koeficijent pripreme, pojednostavljen je i način pripreme, tj. raspored pripremnih prostorija, i u izvesnoj meri je poboljšano provretravanje otkopnih hodnika.

LITERATURA

1. Grupa autora: "Glavni rudarski projekat eksploatacije bakra u Jami Bor u zahvatu do K-315". Institut za bakar, Bor, 1999. godine.
2. Grupa autora: "Glavni rudarski projekat pripreme i otkopavanja u rudnim telima "Tilva roš", "P₂A" i "Brezonik" – knjiga 2.3. . Institut za bakar, Bor, 1999. godine.
3. B. Gluščević: Otkopavanje i metode podzemnog otkopavanja rudnih ležišta, Minerva, Subotica – Beograd, 1974. godine.
4. V. Milić, Ž. Milićević: Osnovi eksploatacije ležišta mineralnih sirovina, Bor, 2005. godine.
5. N. Cvetković: Idejno rešenje pripreme rudnog tela "Tilva roš" ispod XIII horizonta u Jami Bor, Diplomski rad, Bor, 2007. godine.
6. V. Milić: Istraživanje osnovnih parametara novih metoda poluetažnog prinudnog zarušavanja za otkopavanje dubokih delova borskog ležišta, Doktorska disertacija, Bor, 1997. godine.
7. Milan Delić: "Predlog otkopavanja rudnog tela "Tilva roš" ispod XIII horizonta u Jami Bor" – Diplomski rad, Tehnički fakultet, Bor, 1999. godine.

UDK: 622.26(045)=861

Ž. Milićević*

POTREBNA INVESTICIONA ULAGANJA ZA REVITALIZACIJU PODZEMNE EKSPLOATACIJE U JAMI BOR

NECESSARY INVESTMENTS FOR RENEWAL THE UNDERGROUND MINING IN THE UNDERGROUND MINE "JAMA" BOR

Izvod

Nepovoljne okolnosti u prethodnoj deceniji uslovile su drastično smanjenje proizvodnje iz svih ležišta bakra u Srbiji, što je izazvalo i veoma nepovoljne ekonomske posledice. U očekivanju privatizacije rudnika ništa se ne čini za poboljšanje stanja u proizvodnji, a ni pripremi za buduću proizvodnju ruda bakra. Za to su potrebna i veća investiciona ulaganja, a o preliminarnim razmatranjima potrebnih investicionih ulaganja za oživljavanje proizvodnje rude govori se u ovom radu.

Ključne reči: *podzemno otkopavanje, metode otkopavanja, investiciona ulaganja.*

Abstract

Unfavorable circumstances in the last decade caused huge decrease of outputs in all of the Serbian copper mines, with strong economic consequences. In the period of waiting for privatization of mines, nothing was done to improve the situation, including production and development sectors. Significant investments are necessary, and this paper provides preliminary analyses of amount of investments.

Key words: *underground mining, mining methods, investments*

UVOD

U proteklim decenijama eksploatacija ruda bakra u Istočnoj Srbiji obavljena je uz dominantno učešće površinskog načina otkopavanja. Vremenom su površinski otkopi dosegli veliku dubinu i u skoro svim slučajevima dalja se eksploatacija može izvoditi samo iz prethodno značajno investicino otkrivanje ležišta. Podzemna eksploatacija, koja se izvodi samo u Borskom ležištu, zbog drugih razloga dospela je, takođe, u veoma nepovoljnu situaciju. Nedostatak potrebnih sredstava za obnavljanje opreme, održavanje posto-

jeće i pripremu rudnih tela za dalje otkopavanje, dovela je do takvog pada proizvodnje rude, da se ona i ne može smatrati relevantnom.

Otkopavanje rude se poslednjih godina izvodi u tri rudna tela: «Tilva roš», «P₂A» i «Brezonik», pri čemu su prva dva ispod zatvorenog površinskog otkopa. U njima se primenjuje metoda podetažnog zarušavanja (švedska varijanta), što podzemne radove dovodi u posebno neugodnu situaciju bog zarušavanja kosina površinskog otkopa i akumulacije velikih količina voda koje dospevaju u prostor površinskog kopa. U rudnom telu «Brezonik», koje se

* Živorad Milićević, Tehnički fakultet u Boru

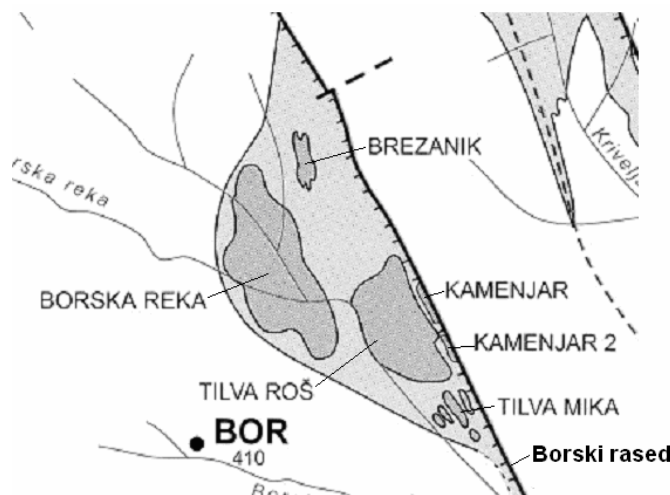
nalazi severnije od površinskog otkopa, zbog situacije na površini terena primenjuje se otkopavanje sa zapunjavanjem otkopnih prostora flotacijskom jalovinom.

Za sva tri rudna tela karakteristično je da se otkopavanje nalazi u završnoj fazi i da su preostale rudne rezerve tolike da se mogu otkopati u relativno kratkom periodu. Njihovo otkopavanje bi svakako već bilo završeno da nije došlo do pogoršanja tehničko-ekonomskih uslova u poslednjoj deceniji prošlog veka.

Budućnost podzemne eksploatacije ruda bakra u Borskom ležištu vezana je za veliko rudno telo «Borska reka» koje se javlja u severozapadnoj zoni ležišta, a karakteriše se velikom dubinom zaleganja i relativno siromašnom rudom. To su bili osnovni razlozi da u ovom rudnom telu nije otkopavanje počelo mnogo ranije, budući da se istraživanja mogućnosti ekonomske eksploatacije sprovode već skoro tri decenije. Permanentan problem, pri tome, je bila nemogućnost iznalaženja ekonomski opravdanih rešenja za otkopavanje, što je bilo uslovljeno i niskim cenama bakra na tržištu,

naročito u proteklih 10 godina. Sadašnje izuzetno visoke cene metala na svetskom tržištu daju nadu da se podzemna eksploatacija u Borskom ležištu može na ekonomičan način izvoditi, a dosadašnjim istraživanjima su već razrađena brojna rešenja za otvaranje i otkopavanje ovog rudnog tela.

Dalja razmatranja mogućnosti podzemne eksploatacije u Borskom ležištu mogu biti bazirana samo na rudnim rezervama, koje se nalaze u pomenutom rudnom telu «Borska reka», (slika 1), /1/. Zbog toga se u ovom radu razmatranja isključivo odnose na ovo rudno telo. Međutim, rezervi rude za eventualno podzemno otkopavanje ima i u drugim ležištima, a pre svega u ležištima «Veliki Krivelj» i «Južni revir» - Majdanpek. Pri trenutnim cenama bakra na tržištu, smatramo da postoji opravdanje da se otkopavanje dubljih delova ležišta, ispod dna sadašnjih površinskih kopova, obavlja podzemnim otkopavanjem, pre svega primenom metode blokovskog samoobrušavanja rude.



Sl. 1. Situacija rudnog tela «Borska Reka» u Borskom ležištu

**RUDNO TELO «BORSKA REKA» I
NJEGOVE OSNOVNE
KARAKTERISTIKE**

Ovo rudno telo zaleže na relativno velikoj dubini, budući da se vrh rudnog tela javlja ispod najnižih horizonata stare borske jame. Istraživanjem je utvrđeno da se orudnjenje javlja i neposredno ispod XV horizonta (K -75 m) koji je bio najdublji u borskoj jami, a konačna dubina nije nedvosmisleno utvrđena, mada se kao konačna dubina uzima obično nivo K-800 m, što pri površini terana na K+450 m, čini

maksimalnu dubinu rudnog tela od 1250 m.

Radi se o mineralizaciji porfirskog tipa ležišta sa štokverknom i impregnacionom rudom, pa se ne može računati sa jasnim konturama orudnjenja već se one određuju izolinijama sadržaja metala u rudi. Na osnovu izvedenih istražnih radova dubinskim bušenjem sa površine i iz jame, izvršeno je okonturavanje rudnog tela, pa je tako utvrđeno da u pojedinim konturama postoje sledeće količine rudnih rezervi:

Kontura rudnog tela % Cu u rudi	Količine rudnih rezervi, Mt	Prosečan sadržaj metala u rudnim rezervama, % Cu
0,3	600	0,60
0,4	350	0,65
0,5	200	0,75

Prethodnim geološkim istraživanjima postignuta je takva istraženost ležišta da su rudne rezerve overene samo do nivoa

K-315 m, u kom delu su priznate sledeće količine rudnih rezervi:

Kontura rudnog tela % Cu u rudi	Količine rudnih rezervi, Mt	Prosečan sadržaj metala u rudnim rezervama, % Cu
0,3	79,05	0,58
0,4	38,86	0,70
0,5	22,63	0,80

Očigledno je da se usvajanjem konture rudnog tela sa većim sadržajem metala u rudi drastično smanjuju količine rudnih rezervi, što upućuje na zaključak da je otkopavanje potrebno vršiti u što većem zahvatu, tj. u konturi sa minimalnim ekonomskim sadržajem metala u rudi. Ovaj sadržaj je potrebno odrediti za konkretna rešenja otkopavanja rudnog tela. Međutim, za razmatranje problematike otkopavanja, globalno se razmatra celo rudno telo, s uverenjem da se neće javiti značajnija odstupanja od do sada utvrđenih kontura rudnog tela.

Rudno telo ima zaleganje koje je konkordantno sa postojećim borskim rasedom

kao glavne tektonske dislokacije, koja je verovatno i omogućila nadiranje rudonosnih rastvora i orudnjenje prethodno stvorenog andezitskog masiva. Pad raseda je u granicama od 45° – 50°, a protezanje rudnog tela u skladu sa protezanjem borske rudonosne zone severozapad-jugozapad. Rudno telo zaleže prema severozapadu, dok mu je južna granica dosta strma. Generalni pad rudnog tela je ka jugozapadu.

Prema moćnosti ovo rudno telo spada u izuzetno moćna rudna tela. Od nivoa XV horizonta rudno telo se postepeno širi, tako da na nivou K-400 m dostiže širinu od skoro 500 m u konturi sa sadržajem bakra

od 0,3 % Cu u rudi. Računa se sa prosečnom moćnošću rudnog tela od 300 m u pomenutoj konturi.

Osim navedenih karakteristika za buduću eksploataciju ovog rudnog tela je izuzetno značajna i situacija na površini terena. Na njoj se javljaju objekti, čije je izmeštanje neminovno u spučenju primene metoda otkopavanja sa zarušavanjem, a najznačajniji su:

- tunel na pruži Bor – Majdanpek
- put Bor – Veliki Krivelj
- korito i kolektor Borske reke,
- delovi naselja Sever, Zmajevo i Brezonik.
- staro borsko groblje.

METODE OTKOPAVANJA

U toku višegodišnjih studijskih istraživanja razmatrana je mogućnost primene različitih metoda otkopavanja. Osnovna pažnja posvećena je primeni metoda otkopavanja sa zarušavanjem rude, za šta je osnovni motiv bila okolnost da je ruda u rudnom telu vrlo siromašna, te da je potrebno primeniti metode otkopavanja sa nižim troškovima dobijanja rude. Međutim, okolnost da se na površini nalaze pomenuti objekti, uticala je da su uvek u obzir uzimane i metode otkopavanja sa zapunjavanjem otkopa, odnosno sa očuvanjem površine, ali se one nažalost karakterišu visokim troškovima otkopavanja. Kao rezultat istraživanja došlo se do opredeljenja na primenu metoda otkopavanja sa zarušavanjem rude, a najveća pažnja posvećena je metodama blokovskog prinudnog zarušavanja. Najznačajnije razmatrane varijante ovih metoda bile su:

- metode prinudnog blokovskog etažnog i podetažnog zarušavanja (više varijanti),
- metoda blokovskog podetažnog zarušavanja sa kombinovanim obaranjem rude u pojasima velike i male moćnosti,
- metode poluetažnog prinudnog zarušavanja u pojasima velike moćnosti (dve varijante),

- metode otkopavanja i velikim otkopnim blokovima.

Broj razmatranih blokovskih metoda prinudnog zarušavanja bio je znatno veći, a navedene su najznačajnije od njih.

U toku istraživanja nije ozbiljnije razmatrana primena metode podetažnog zarušavanja (švedske varijante), verovatno i zbog toga što se raspolaže sa dovoljno iskustava u primeni ove metode, međutim nije razmatrana ni primena metoda blokovskog samoobrušavanja rude, koje se u poslednje vreme sve ozbiljnije uzimaju u obzir. Mogućnost njihove primene bi trebalo da bude predmet ozbiljnih istraživanja, s obzirom na sve njihove prednosti.

U okviru izrađenog Glavnog rudarskog projekta otkopavanja rudnog tela «Borska reka» do nivoa K. -315 m, razmatrana je i primena podetažnog zarušavanja, konkretno metode **Super scale sublevel caving**, koja predstavlja modifikovanu varijantu švedske varijante podetažnog zarušavanja. Budući da je, pored ostalog neophodno maksimalno smanjiti obim pripreme rudnog tela, nadalje se razmatra primena metoda blokovskog prinudnog zarušavanja.

POTREBNA INVESTICIONA ULAGANJA ZA OTVARANJE, PRIPREMU I OTKOPAVANJE RUDNOG TELA «BORSKA REKA»

Opravdanost ekonomske eksploatacije ovog rudnog tela je osnovno polazište za dalja razmatranja potreba i mogućnosti dalje podzemne eksploatacije u Borskom ležištu. Ekonomska istraživanja su vršena u većem broju slučajeva, međutim nije utvrđena mogućnost ekonomske eksploatacije. To se odnosi, pre svega, na period proteklih dvadeset godina, kada je cena bakra bila na znatno nižem nivou od današnje. Međutim, sada su se okolnosti bitno promenile, te ako se može računati sa stabilizacijom cena bakra iznad 4000 USD/t, ekonomičnost podzemne eksploatacije neće biti problematična.

U radu /7/ prikazana je promena vrednosti rude za različite cene bakra, a za

slučaj otkopavanja rude sa prosečnim sadržajem 0,6 % Cu u rudi, njena vrednost se menja u granicama datim u narednom tabelarnom pregledu.

Cena bakra na tržištu, USD/t	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000
Vrednost rude, USD/t	14,04	18,72	23,40	28,08	32,76	37,44

Ako se pretpostavi da troškovi podzemnog otkopavanja ne bi trebalo da budu veći od 10 – 12 USD/t, a troškovi prerade do 5 – 6 USD/t, /7/, tada je logično da se pitanje ekonomičnosti eksploatacije ne postavlja za vrednost rude iznad 15 – 18 USD/t, odnosno pri ceni bakra većoj od 3.500 - 4.000 USD/t. Postavlja se, međutim, pitanje objektivnosti ovih očekivanja za slučaj potrebe vraćanja i investicija uloženih u otvaranje, pripremu i otkopavanje rudnog tela «Borska Reka», zbog

čega se i daje okvirni pregled potrebnih sredstava za ove namene. Pri tome se razmatraju potrebna ulaganja do osvajanja predviđenog kapaciteta otkopavanja.

Otvaranje rudnog tela praktično je završeno do nivoa XIX horizonta (K-235 m), što znači da se sa ovog nivoa može odmah pristupiti pripremi rudnog tela. Na ovom nivou potrebno je izraditi još sledeće prostorije razrade i pripreme:

Red. br.	Naziv prostorije	Dužina prostorije, m	Cena izrade, USD/m	Ukupni troškovi USD
1.	Glavno ventilaciono okno 440/-75	515	2.000	1,030.000
2.	Pristupni hodnik na K.-75	325	600	195.000
3.	Koso ventilaciono okno -75/-235	208	2.500	520.000
4.	Prečni vent. hodnici na K.-155 i K.-235	330	600	198.000
5.	Transportni hodnik na K. -235	240	800	192.000
6.	Servisni niskop -75/-235	820	800	656.000
7.	Pristupni hodnici na K.-75, K.-155, K.-235	150	500	75.000
8.	Pripremne prostorije u otk. blokovima	2.760	500	1,380.000
9.	Ukupno:	5.348	-	4,246.000

Za proračun količine pripremnih radova u otkopnim blokovima pošlo se od sledećih polaznih parametara otkopavanja:

- usvojen kapacitet otkopavanja 4,000.000 t/god.
- moguć smenski kapacitet otkopnih blokova 500 t/smenu
- godišnji kapacitet otkopnih blokova 500.000 t/god.
- poteban broj blokova za usvojen kapacitet 8 blokova
- količina rude u otkopnom bloku 260.000 t
- količina dobijene rudne mase iz otkopnog bloka 230.000 t
- broj otkopanih blokova za 1 godinu 17,4
- koeficijent pripreme otkopnih blokova 0,0015 m/t
- potreban obim pripreme za 1 otkopni blok 345 m
- potreban obim pripreme za 8 otkopnih blokova 2.760 m
- potreban obim pripreme za godinu dana 6.000 m

Pomenuti parametri odnose se na usvojenju godišnju proizvodnju rude od 4 Mt/god. Međutim, dinamika otkopavanja mora biti takva da se počne sa manjom proizvodnjom od 2 – 2,5 Mt/godinu, a da se željeni kapacitet dostigne za 2 – 3 godine. Ovo se odnosi na I fazu otkopavanja, koja bi trajala najviše 10 godina. Nakon toga se računa sa povećanjem kapaciteta na 6 – 8 Mt/god., za šta će biti neophodna izrada dodatne izvozne prostorije (izvoznog niskopa) za izvoz rude u flotaciju rudnika «Veliki Krivelj», /5/.

Budući da je usvojena primena metode otkopavanja sa zarušavanjem rude, pre početka otkopavanja neophodno je izvršiti izmeštanje pomenutih površinskih objekata. Njihova vrednost je procenjena na ukupno 13.765.000 USD, /8/.

Za izradu jamskih prostorija i otkopavanje neophodno je nabaviti novu mehanizaciju, od kojih je najznačajnija sledeća:

Red. br.	Naziv opreme	Potreban broj mašina	Vrednost mašine, USD/kom	Ukupna vrednost, USD
1.	Bušaća kola	6	400.000	2.400.000
2.	Bušalice za vertikal. bušenje	4	750.000	3.000.000
3.	Utovarno-transportne mašine	10	400.000	4.000.000
4.	Mašine za punjenje min. bušotina	5	50.000	250.000
5.	Servisna vozila	4	40.000	160.000
6.	Ostala oprema	-	-	1.000.000
7.	Ukupno za opremu:			10.810.000

Osim navedenih ulaganja, potrebno je predvideti ulaganja za rad rudnika u pripremnom periodu, a ovde se usvaja period od godine dana, za koje vreme je potrebno izraditi osnovne pristupne prostorije i pripremiti prve otkopne blokove. Troškovi poslovanja rudnika za prvu godinu dana, ne računajući na amortizaciju opreme,

procenjuju se na 6.000.000 USD. Međutim, pri tome se računa i sa proizvodnjom do 50.000 t rude, čija se vrednost ovde procenjuje na 1.000.000 USD.

Na osnovu navedenih troškova rekapi-tulacija neophodnih ulaganja za pripremu rudnog tela «Borska reka» izgleda kao što sledi:

- za izradu prostorija otvaranja, razrade i pripremnih prostorija	4.246.000 USD
- za nabavku potrebne opreme	10.810.000 USD
- za izmeštanje objekata na površini	13.765.000 USD
- za minimalne troškove poslovanja jame u prvoj godini	6.000.000 USD
Ukupno:	34.821.000 USD

MOGUĆ PRIHOD U PRVOM PERIODU RADA RUDNIKA

Za procenu realnih odnosa i opravdanosti ulaganja u revitalizaciju jame rudnika bakra Bor, interesantno je utvrditi i moguću vrednost proizvodnje, kada se ona počne normalno da obavlja. Za ovu

procenu se uzima već usvojena veličina proizvodnje od 4 Mt/godinu, za koju se može izračunati očekivani prihod od proizvodnje rude u sledećim iznosima (računa se na vrednost metala bakra, zlata i srebra u koncentratu).

Količina rude 4 Mt/god.

Metal	Sadržaj metala u rudi	Iskorišćenje pri otkopav.	Flotacijsko iskorišćenje	Količina metala	Cena metala	Ukupna vrednost, USD
Bakar	0,60 %	0,90	0,85	18.360 t	4.000 USD/t	73.440.000
Zlato	0,20 gr/t	0,90	0,50	360 kg	20.000 USD/kg	7.200.000
Srebro	1,80 gr/t	0,90	0,25	1.620 kg	490 USD/kg	793.800
Ukupno:						81.433.800

Izračunata vrednost metala treba da se smanji za gubitke u procesu metalurške prerade (0,93), pa se ona svodi na 75.733.434 USD/t, što treba da pokrije troškove rudarske proizvodnje i flotacijske i metalurške prerade. Tim troškovima treba dodati i otplatu uloženi sredstava sa pripadajućim kamatama. Računa se sa prosečnom otplatom ovih sredstava od 6 miliona USD. Prema tome, raspoloživa vrednost za pokriće troškova se smanjuje na 69,7 miliona USD, za šta je potrebno otkopavati rudu sa ukupnom vrednošću preko 17,5 USD/t, što odgovara ceni bakra od 4.000 USD/t.

ZAKLJUČAK

Koliko god da su prethodni proračuni izvedeni orjentaciono, realni iznos potrebnih sredstava za revitalizaciju proizvodnje u jami rudnika bakra Bor se nalazi u granicama dobijenih. Neki su troškovi verovatno podcenjeni, ali je sigurno da ni dinamika ulaganja u izradu jamskih prostorija i nabavku neophodne opreme neće biti takva da su navedena sredstva potrebna sva u prvoj godini poslovanja. To se, pre svega, odnosi na opremu za bušenje dubokih minskih bušotina i utovarno-transpntne mašine, a ni izmeštanje objekata na površini se ne može izvršiti za godinu dana. Treba, znači, računati sa neophodnošću da se obezbede sredstva od strane finansijskih organizacija u iznosu najmanje 35 miliona USD. Radi se, prema tome, o potrebnim sredstvima za revitalizaciju rudnika, koja nisu preveliko opterećenje za Republiku Srbiju, a rešio bi se jedan

izuzetno veliki problem. Na žalost, Vlada Republike Srbije odlučila se za privatizaciju rudnuka po svaku cenu. Trebalo bi da imamo malo više vere u sopstvene mogućnosti

LITERATURA

1. Drovenik M.: Origin of Bor and other copper deposits in its surroundings (East Serbia). SAZU, Ljubljana 2005.
2. Janković S., Jelenković R., Koželj D.: Borsko ležište bakra i zlata. Qwerty, Bor 2002.
3. Milićević Ž.: Perspektive eksploatacije ruda bakra uslovljene delovanjem tržišta metala. «Rudarski radovi» br.2/2001, s.59.
4. Milićević Ž.: Objektivne mogućnosti rudarenja u rudnicima bakra RTB- Bor (plenarno predavanje). XXXIII oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, Bor 2001, s. 1.
5. Milićević Ž., Mihajlović B.: Predlog rešenja izvoza rude iz rudnog tela «Borska reka» u cilju racionalizacije dobijanja i prerade rude. V internacionalni simpozijum o transportu i izvozu, Vrdnik 2002. s. 180.
6. Milićević Ž.: «Borska reka» ore body – renewed challenge. 37. IOC on mining and metallurgy. Bor 2005., p.67.
7. Milićević Ž.: Perspektivnost podzemne eksploatacije u borskom ležištu. 38. IOC. D.Milanovac 2006., s. 297.
8. Štrbac D.: Istraživanje primenljivosti metoda otkopavanja sa zarušavanjem u rudnom telu «Borska reka», Magistarska teza, Bor 2005.

UDK: 622.33:622.28.048(045)=861

Ž. Milićević, V. Milić, I. Svrkota*

ZARUŠAVANJE KROVINSKIH STENA PRI OTKOPAVANJU SLOJEVA UGLJA VRLO VELIKE MOĆNOSTI

ROOF STRATA CAVING IN THICK COAL SEAMS MINING

Izvod

Problem zarušavanja krovinskih stena i deformacije površine terena javlja se pri otkopavanju skoro svih ležišta uglja podzemnim načinom u Srbiji. Manifestacija zarušavanja na površini terena je različita i zavisi od većeg broja uticajnih faktora. Bez sumnje najveći uticaj ima moćnost i zaleganje ugljenog sloja, a u ovom radu se govori o problematici zarušavanja slojeva vrlo velike moćnosti na primeru rudnika Soko.

Cljučne reči: *podzemno otkopavanje slojeva uglja, zarušavanje krovine, deformacija površine terena.*

Abstract

Roof strata caving deformations at the surface follow almost every coal mine in Serbia. Subsidence trough differs and depends on number of factors. Surely, most important influence factor is thickness and geometry of coal seam. This paper deals caving problems in thick coal seam at Soko coal mine.

Key words: *underground coal mining, roof caving, surface deformations.*

UVOD

Podzemno otkopavanje ležišta uglja obavlja se u Srbiji na malom broju aktivnih rudnika i ona je u veoma podređenom položaju u odnosu na površinsko otkopavanje. Zbog nepovoljnih ležišnih prilika, a na većem broju rudnika i zbog ograničenih rezervi uglja, situacija na otkopavanju je nepovoljna kako sa tehničkog, tako i sa ekonomskog stanovišta. Proizvodnja uglja je neuporedivo manja u odnosu na period sredine prošlog stoleća, a poslovanje rudnika se u najvećem broju slučajeva odvija zahvaljujući različitim oblicima subvencija. To poslovanje rudnika čini zavisnim od

ostalnih privrednih grana, a odsustvo odgovornosti za racionalno poslovanje ovih privrednih subjekata ih čini nedovoljno aktivnim u borbi za sopstveno opstajanje.

Na skoro svim rudnicima sa podzemnom eksploatacijom primenjuju se niskoproizvodne i neproaktivne metode otkopavanja, što je uslovljeno i nepovoljnim slojnim prilikama, koje ne pogoduju primeni mehanizovanog širokočelnog otkopavanja. Uglavnom se primenjuju različite varijante stubnog otkopavanja sa zarušavanjem, koje se upravo karakterišu niskom proizvodnjom, niskom produktivnošću, velikom potrošnjom građe, nepovoljnim uslovima rada,

* Živorad Milićević, Vitomir Milić, Igor Svrkota, Tehnički fakultet u Boru

lošim provetranjem otkopnih čela, nekad nedovoljnom sigurnošću rada i dr.

Kao posledica primene metoda otkopavanja sa zarušavanjem krovine, javlja se deformacija površine terena, koja uslovljava degradiranje korisnog poljoprivrednog zemljišta, oštećenje saobraćajnih, stambenih i drugih objekata, ugrožavanje životne sredine i slično, što sa svoje strane povećava i troškove eksploatacije, zbog preduzimanja mera za sanaciju nastalih šteta. Pored toga, stvaranje ulegnuća na površini pogoduje akumulaciji površinskih voda od atmosferskih padavina, topljenja snega ili lokalnih privremenih ili stalnih vodotokova, što neposredno povećava opasnost od prodora vode u jamu i ugrožavanje života radnika u njoj.

Zarušavanje krovinskih stena utiče, takođe, i na poremećaj podzemnih voda, koji, osim narušavanja prirodne ravnoteže, takođe može biti uzrok povećanih priliva vode u jami.

Izučavanje problema zarušavanja krovinskih stena i stvaranje ulegnuća na površini od velikog je interesa za sve rudnike sa podzemnom eksploatacijom iz više razloga:

- dobijaju se osnovni parametri za planiranje proizvodnje i praćenje deformacije površine u cilju definisanja dinamike sanacije objekata na njoj,
- određuju se sigurnosni uglovi zarušavanja na bazi kojih se definišu zaštitni stubovi ispod pojedinih rudničkih ili drugih objekata na površini,
- definišu se mere za smanjenje deformacije površine terena i veličine nastale štete zbog toga,
- određuju se parametri otkopnih jedinica, pravci i brzine napredovanja otkopnih frontova u cilju ublažavanja intenziteta deformacije površine,
- dobijaju se potrebni parametri za predviđanje i definisanje geomehničkih uslova otkopavanja na otkopnim radilištima u cilju povećanja njihove stabilnosti i opštih sigurnosnih uslova rada u jami, i t.d.

Iz navedenog se stiče jasan utisak o velikom značaju poznavanja procesa zarušavanja krovinskih stena i deformacije površine terena, ali je preduzimanje potrebnih mera za praćenje i izučavanje zakonitosti procesa zarušavanja nesaglasno sa tim značajem. Na većem broju rudnika ovaj se proces nedovoljno izučava i uglavnom ne postoji utvrđena metodologija kontinuiranog procesa opažanja i praćenja procesa zarušavanja, pre svega primenom odgovarajućih geodetskih snimanja površine i merenja veličine njenog uleganja.

Rad čini jedan segment istraživanja uticaja podzemnog otkopavanja ugljenih slojeva, koja se obavljaju u okviru naučnog projekta 6638A, «Utvrdjivanje dinamike procesa narušavanja terena i oštećenja objekata geomehničkim i geodetskim metodama merenja na rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom», koga finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine Republike Srbije.

PROBLEM ZARUŠAVANJA KROVINE NA RUDNIKU SOKO

Problem zarušavanja krovine i sleganja površine od posebnog je značaja na rudniku Soko. To zbog toga što se u ovom rudniku eksploatiše ugljeni sloj vrlo velike moćnosti, budući da se postojećom klasifikacijom slojeva po moćnosti, vrlo moćnim smatraju slojevi moćnosti iznad 10 m. Na rudniku Soko je moćnost sloja 20 – 30 m, što ga svakako čini jedinstvenim u odnosu na druge rudnike sa podzemnom eksploatacijom.

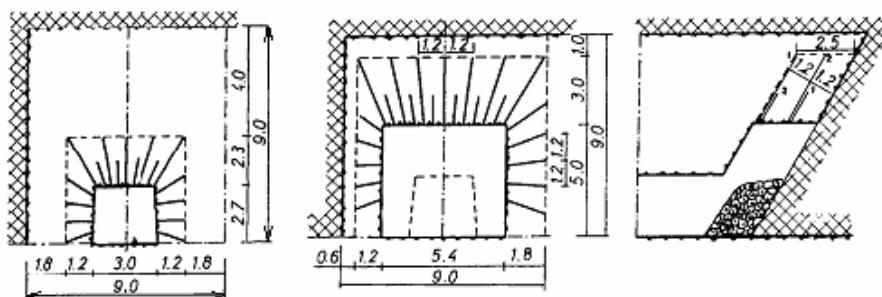
Nagib ugljenog sloja je promenljiv. U nekim delovima ležišta je on ispod 30°, po čemu se može svrstati u slojeve sa blagim padom, međutim, u nekim delovima sloj ima pad preko 30°, pa se tada svrstava i slojeve sa srednjim nagibom. Pored toga, karakteristika ležišta je i pojava većeg broja tektonskih raseda, kojima je ležište ispresecano i odvojeno na više manjih blokova, što čini neprimenljivom metodu mehanizovanog širokočelnog otkopavanja.

Ležište se kategoriše kao ležište lignito-mrkog uglja u kome se u značajnoj meri uočava drvena struktura uglja, što sa svoje strane povećava njegovu čvrstoću, a time se, s jedne strane otežava proces dobijanja uglja, koji se obavlja bušačko-minerskim radovima, a s druge strane povećava stabilnost otkopnog prostora što je posebno značajno u fazi zarušavanja krovnog uglja. Nepovoljna okolnost je, da je zbog toga manja vrednost uglja u odnosu na kvalitetnije mrke ugljeve.

Otkopavanje uglja skopčano je sa pojavom gasova, pre svega metana, koji se javlja i pod povećanim pritiskom zahvaljujući čemu se nekad javlja intenzivnije izdvajanje iz uglja, što je praćeno i većim opasnostima od moguće eksplozije. Jama je zbog toga snabdevena sistemom za permanentnu detekciju, upozoravanje i automatsko isključivanje dovoda električne

struje u slučaju povećanja sadržaja u nedozvoljenim granicama.

Metoda otkopavanja, koja se na rudniku Soko primenjuje, svrstava se u grupu stubnih metoda otkopavanja, sa elementima prečnog otkopavanja i podetažnog zarušavanja krovnog uglja. Krajem osamdesetih godina prošlog veka za ovaj rudnik je projektovana metoda otkopavanja sa obaranjem krovnog uglja dubokim minskim bušotinama, međtim, zbog neposedovanja odgovarajuće mašine za bušenje, obaranje krovnog uglja se obavlja u dve faze miniranjem sa kraćim minskim bušotinama (slika 1). Takav način obaranja krovnog uglja smanjuje efikasnost na otkopavanju, ima manju sigurnost rada i postoje veće mogućnosti akumuliranja opasnih gasova u šupljinama otkopnog prostora.



Sl. 1. Način otkopavanja stubnom metodom u prečnim otkopima sa zarušavanjem krovnog uglja kratkim minskim bušotinama

Specifičnost primene projektovane metode otkopavanja je u tome da se otkopni hodnici na pojedinim etažama izrađuju u «šah-mat» poretku, čime se delimično dobija i ugaj zaostao između dva susedna otkopna hodnika na višoj etaži. I pored toga, prema rezultatima otkopavanja očigledno je da se značajna količina uglja gubi u procesu njegovog utovara na otkopnom čelu. Prema podacima sa rudnika, iskorišćenje uglja se procenjuje na 60 %. Razlog tome je i

primenjeni način utovara uglja, koji se pretežno bazira na nagrtanju oborenog uglja na otkopni transporter, o čemu je detaljnije govoreno u radu /5/.

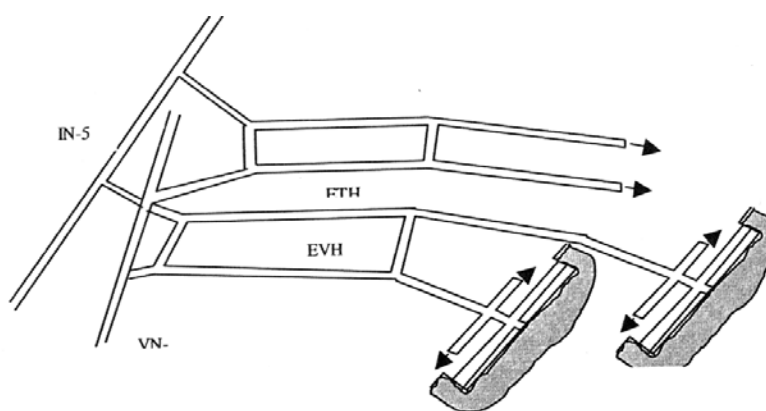
Osnovni parametri metode otkopavanja su:

- visinska razlika između etaža 9 m,
- rastojanje između otkopnih hodnika 9 m,
- dimenzije otkopnih hodnika 3 x 2,7 m
- visina obaranja krovnog uglja 6,3 m

- moćnost pojasa miniranja krovnog uglja 2 – 2,4 m

Karakteristična osobenost primenjene metode je paralelna priprema dve etaže, (sl. 2), pri čemu u toku odstupnog otkopavanja otkopi na gornjoj etaži prednjače pred onim na donjoj. Na obema etažama se obavlja dvokrilno otkopavanje, budući da se etažni ventilacioni hodnik na gornjoj etaži i etažni transportni hodnik na donjoj, izrađuju približno u sredini sloja. Ako se

za vreme otkopavanja krovnog uglja u jednom paru otkopa istovremenu vrši izrada novog para otkopnih hodnika, proizilazi da su na svakoj etaži aktivna četiri otkopna radilišta čime se postiže maksimalna koncentracija otkopa. Mogućnost daljeg povećanja koncentracije je u povećanju brzine otkopavanja i primenom većeg stepena mehanizovanja radnih operacija na otkopima.

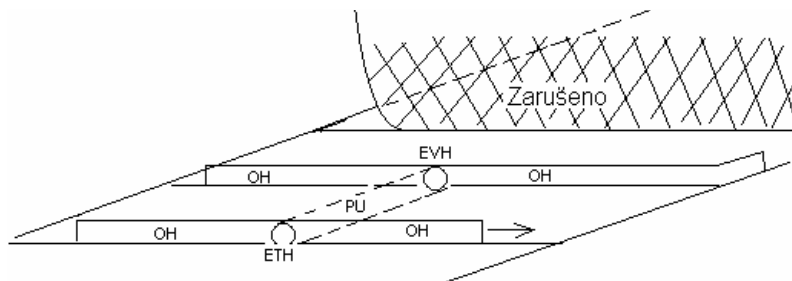


Sl. 2. Raspored otkopnih čela na etažama i priprema donje dve etaže

Kao što se sa slike 1 vidi, glavna faza otkopavanja je pri zarušavanju krovnog uglja, u kojoj se mogu i trebaju primeniti odgovarajuća poboljšanja, uglavnom na sledeći način:

- povećanjem efikasnosti na obaranju uglja primenom bušenja dubokih minskih bušotina, sa specifičnim načinom punjenja bušotina eksplozivom, kako je predviđeno ranije urađenim projektom,
- primenom odgovarajućeg mehanizovanja procesa utovara oborenog uglja,
- efikasnijim podgrađivanjem radilišta što se može postići zamenom drvene podgrade sa čeličnim frikcionim ili hidrauličnim stupcima i čeličnim slemenjačama.

Zarušavanje krovinskih stena pri otkopavanju specifično je i karakteristično za sve slučajeve otkopavanja moćnih slojeva uglja u horizontalnim etažama. Po ovome je rudnik Soko svakako specifičan u odnosu na otkopavanje u drugim rudnicima sa podzemnom eksploatacijom. Ustvari, pri zarušavanju krovnog uglja zarušava se stari rad gornje ili čak gornje dve etaže, što u principu može biti olakšavajuća okolnost jer se ne javlja problem neregularnog rušenja krovine, budući da je osnovni preduslov za sigurnu primenu ovakvog načina otkopavanja potpuno ispunjavanje otkopnog prostora zarušenim krovinskim stenama (sl. 3).



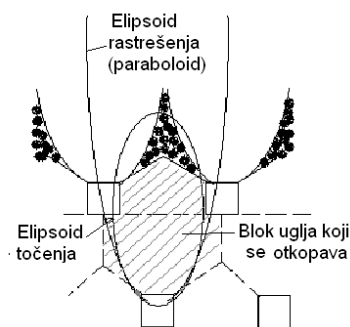
SI. 3. Proces zarušavanja krovinskih stena pri otkopavanju etaže zarušavanjem krovnog uglja

Proučavanjem procesa zarušavanja potrebno je, pored ostalog, utvrditi prostiranje zarušavanja u visinu i trenutak izbijanja ruševine na površinu (puno zarušavanje), kada nastaje deformacija površine i oštećenje objekata na njoj.

Proces zarušavanja krovinskih stena i deformacije površine dobro je izučen za slučajeve otkopavanja horizontalnih i blago nagnutih slojeva, posebno kada se otkopava jedan sloj uglja. U literaturi se sreću i slučajevi otkopavanja većeg broja slojeva, kao i uticaja tektonskih poremećaja (raseda). U slučaju otkopavanja nižih slojeva nakon otkopanih gornjih, posle zarušavanja međuslojnih stena ovaj se proces nastavlja kroz ruševinu stvorenu otkopavanjem gornjeg sloja, kada se samo vrši ponovno rastresanje već ranije obrušenih stena. Ako je već ranije zarušavanje manje obavljeno na površini, ponovnim zarušavanjem dolazi do «aktivizacije» sleganja površine terena, kako se ovaj termin koristi u ruskoj literaturi, /1/.

U ovom radu se primenjuje unekoliko drugojačiji pristup razmatranju problema zarušavanja krovinskih stena, tačnije prethodno već obrušenih stena pri otkopavanju gornjih etaža. Polazeći od pretpostavke da su krovinske stene u potpunosti zarušene, pri ponovnoj «aktivizaciji» procesa zarušavanja dolazi do novog rastresanja zarušenih stena, pa se proces odvija slično onom koji se razmatra u teoriji ročenja obrušene rude, /3/. Iznad prostora iz koga se istače obrušeni uglj, a koji svojim oblikom približno

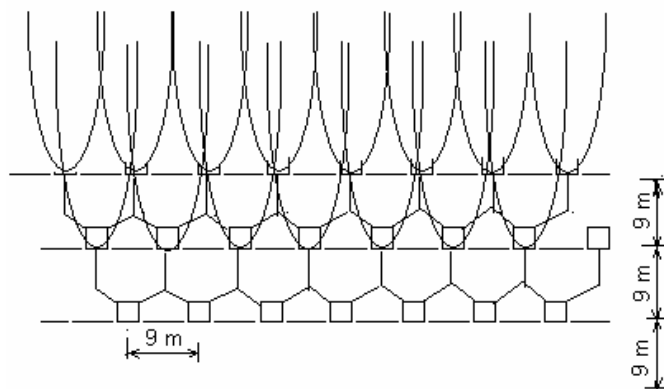
odgovara rotacionom elipsoidu, formira se zona ponovnog pokretanja zarušenih stena, koja takođe svojim oblikom predstavlja rotacioni elipsoid, koji se u tom slučaju naziva elipsoidom rastrešenja. Pri velikom povećanju visine zone zarušavanja krovinskih stena, elipsoid rastrešenja prelazi u rotacioni paraboloid, sa sličnim parametrima kao elipsoid rastrešenja. Njihova visina, koja odgovara visini zone zarušavanja, zavisi od stepena naknadnog sleganja obrušenih stena. Naime, pri ponovnom pokretanju prethodno obrušenih stena dolazi do povećanja njihovog koeficijenta rastresitosti (u granicama 1,2 – 1,3), a po prestanku istakanja miniranog uglja dolazi do postupnog smirivanja procesa zarušavanja, a sleganjem se visina elipsoida ili rotacionog paraboloida dalje povećava. Na kraju procesa sleganja ruševine, može se računati sa koeficijentom rastrešenja takve sredini manjim 1,1.



SI. 4. Šema formiranja zone zarušavanja u rastrešenoj stenskoj sredini

Pri otkopavanju iz susednih otkopnih hodnika, javlja se delimično presecanje elipsoida rastešenja (ili paraboloida), što znači i do međusobnog uticaja pokrenutih krovinskih (zarušenih) stena. Javlja se, prema tome višestruka «aktivizacija» u

višoj zoni zarušavanja krovine, tačnije zarušenih krovinskih stena. To se najbolje vidi iz preseka prikazanog na slici 5, gde je prikazana situacija otkopavanja više etaža sa više otkopnih hodnika na etaži.



Sl. 5. Šematski prikaz zona aktivizacije odnosno ponovnog pokretanja (zarušavanja) stena u ranije već zarušenim krovinskim stenama

Visina zone ponovne «aktivizacije», koja odgovara visini elipsoida rastešenja zavisi od visine tzv. graničnog elipsoida točenja. U ovom slučaju se, na osnovu prikaza na slici 4, može usvojiti da će visina ovog elipsoida biti max 15 m. Visina elipsoida rastešenja, na osnovu teorije točenja, može se odrediti iz približnog odnosa zapremina elipsoida točenja i rastešenja, koji iznosi:

$$V_{er} \approx 15 \cdot V_{et}, \text{ gde su:}$$

$$V_{er} - \text{zapremina elipsoida rastešenja, m}^3,$$

$$V_{et} - \text{zapremina elipsoida točenja, m}^3.$$

Koeficijent ponovnog (naknadnog) rastešenja, K_{nr} , obrušenih krovinskih stena određuje se iz sledećeg odnosa:

$$K_{nr} = \frac{V_{er}}{V_{er} - V_{et}},$$

iz koga se zapremina elipsoida rastešenja izračunava po formuli:

$$V_{er} = \frac{K_{nr}}{K_{nr} - 1} \cdot V_{et}, \text{ m}^3$$

Visina prostiranja zone zarušavanja biće različita u zavisnosti od mesta na etaži na kome se vrši otkopavanje. U blizini krovine gde se iznad etaže otkopavanog uglja nalazi nezarušena krovina, javlja se veće rastešenje zarušenih stena pa će zarušavanje dosezati manju visinu. U slučaju nešto čvršće krovine, mogu se očekivati koeficijenti rastešenja u granicama 1,3 – 1,6, a za takve njegove veličine mogu se odrediti parametri visine zarušavanja na bazi poznate metodologije bazirane na zapreminama elipsoida točenja.

Za proračun se polazi od zapremine prostora iz koga se otkopava krovni ugulj, a koju smatramo ekvivalentnom zapremini elipsoida točenja (V_{et}). Ova zapremina iznosi:

$$V_{ru} = B \cdot h \cdot m_p \cdot (K_i / (1 - K_o)) \cdot k_s =$$

$$= 9 \times 9 \times (0,7 / 0,9) \times 0,92 = 116 \text{ m}^3$$

U formuli su: B – rastojanje između osa susednih otkopnih hodnika, m; h – visina etaže, m; K_i , K_o – koeficijenti iskorišćenja i

osiromašenja uglja, a k_s – koeficijent za korekciju zapremine s obzirom na to da je izgubljeni ugajl u rastrešenom stanju i da stvara privid smanjenja količine istočenog rovnog uglja.

Na osnovu ranije date formule za zapreminu elipsoida rastrešenja, izračunati su parametri zarušavanja, koji su dati u narednoj tabeli. U prvom slučaju, kada se zarušava neporemećena krovina skoefficienti rastrešenja imaju veću vrednost pa su formirane zapremine zarušavanja manje, tj:

K_r	1,3	1,4	1,5	1,6
$K_r / (K_r - 1)$	4,33	3,5	3,0	2,67
V_{er}, m^3	502	406	348	310
a, m	11,6	10,8	10,2	9,8
$H_{zar} = 2a, m$	23,2	21,6	20,4	19,6

U tabeli su:

$$V_{er} = V_{ru} \cdot K_r / (K_r - 1) =$$

$$= 116 \times K_r / (K_r - 1)$$

Uzimajući najjednostavniji slučaj zapremine rotacionog elipsoida, može se iz njegove zapremine odrediti veličina duže poluose (a), pri čemu je visina elipsoida (i zarušavanja) $h = 2a$.

$$V_{er} = (4/3) \cdot \pi \cdot a^3 (1 - \epsilon^2) \rightarrow a^3 =$$

$$V_{er} / (4/3) \cdot \pi (1 - \epsilon^2) = V_{er} / 0,326$$

Pri otkopavanju niže etaže, kada je iznad otkopa već zarušena krovina, koeficijent rastrešenja se uzima kao koeficijent dodatnog rastrešenja već obrušenih krovinskih stena. Ovaj koeficijent se u literaturi daje sa vrednošću 1,073, na osnovu koga se dobija da je zapremina elipsoida rastrešenja 15 puta veća od zapremine elipsoida točenja, tj:

$$V_{er} = V_{et} \cdot 1,073 / (1,073 - 1) \approx 15 \cdot V_{et}$$

U tom slučaju je:

- zapremina zone rastrešenja

$$V_{er} = 15 \times 116 = 1.740 m^3$$

- veličina poluose elipsoida

$$a = 17,5 m$$

- visina zarušavanja

$$H_{zar} = 35 m.$$

Odvijanje procesa zarušavanja pri otkopavanju još jedne niže etaže može se smatrati kao zarušavanje stenske sredine koja se više ne rastresa, odnosno rastresa se onoliko, koliko je sleganjem smanjen koeficijent rastrešenja.

Zbog toga se ovaj proces može jednostavnije razmatrati kao za slučaj da se etaža otkopava frontalno sa potpunim zarušavanjem. Tada se ekvivalentna visina otkopavanja (visina prostora iz koga se dobija ugajl) može izračunati na sledeći način:

$$h_{otk} = h_{et} \times 0,7 \times 0,92 = 5,8 m$$

U krovini se, radi ispunjavanja otkopnog prostora zaruši visina krovine od

$$h_{zar} = 5,8 / (K_r - 1) = 5,8 / (1,3 - 1) = 19,33 m$$

pa je ukupna visina zarušenog prostora

$$H_{zar} = 19,33 + 9 = 28,33 m.$$

Ova visina zarušenih stena se postupno sleže povećavajući visinu zarušenog prostora, a pod pretpostavkom da se koeficijent rastrešenja smanjuje na veličinu $K_r = 1,1$, visina zarušavanja će se povećati na

$$h_{zar} = 5,8 / (1,1 - 1) = 58 m,$$

odnosno na ukupno $58 + 9 = 67 m$.

Pri otkopavanju niže etaže, zarušava se već obrušena moćnost sa napred usvojenim koeficijentom 1,073, čime se naknadno rastresaju obrušene stene. Međutim, pošto se i u ovom slučaju može računati sa sleganjem tih stena, može se usvojiti da se ova moćnost sleže bez dodatnog rastresanja, pa je za ispunjavanje prostora donje otkopane etaže

potrebno novih 58 m zarušene visine, odnosno ukupno, takođe, 67 m. Nakon toga je, znači, visina zarušene zone 134 m. Ukoliko je sloj na većoj dubini, nije još postignuto potpuno zarušavanje krovinskih stena i nema manifestacije na površini.

U rudniku Soko se, zbog velike moćnosti sloja, otkopavanje obavlja i u trećoj etaži, što znači da će ukupna visina zarušavanja iznositi:

$$H_{zar} = 3 \cdot 5,8 / (1,1 - 1) + 27 = 174 \text{ m.}$$

Odvijanje ovog procesa je, međutim, vremenski ograničeno, jer bi u suprotnom značilo da se pri većim dubinama sloja nebi javile manifestacije zarušavanja na površini. Proizilazi da je sleganje ruševine znatno veće, tj. da se koeficijent rastresanja zarušenih stena vremenom smanjuje na znatno manju vrednost od 1,1. Stvarna procena njegove veličine moguća je na osnovu izmerenih srednosti sleganja površine terena. U tom slučaju se lako može izračunati iz izraza:

$$K_r = \frac{H_{krov} - h_{sleg} + h_{otk}}{H_{krov} - h_{sleg}}$$

U formuli su:

H_{krov} – visina krovine (visina od sloja do površine), m

h_{sleg} – visina uleganja površine, m

h_{otk} – visina otkopavanja

ZAKLJUČAK

Proces zarušavanja krovinskih stena je dosta složen i zavisi od vrste stena, dubine sloja, načina otkopavanja, prisustva podzemnih voda, postojanja tektonskih dislokacija i dr. Zbog toga se ne može u potpunosti

predvideti, te da se na osnovu tačno određenih parametara zarušavanja stvori mogućnost predviđanja dinamike zarušavanja i veličine uleganja površine. U ovom radu je učinjen pokušaj da se ovaj proces razmatra na način koji nije uobičajen u takvim slučajevima, i bazira se na logičnoj zakonitosti zarušavanja pri otkopavanju ležišta sa zarušavanjem uglja i krovine. Iz izloženog je jasno zaključeno da zarušavanje krovinskih stena i veličina deformacije površine zavise prevashodno od koeficijenta rastresanja stena pri zarušavanju, kao i od veličine naknadnog sleganja obrušenih stena. Njegovo precizno određivanje se na najsigurniji način može postići geodetskim merenjima sleganja površine, čemu bi rudnici trebalo da posvete veću pažnju.

LITERATURA

1. Iofis M.A., Šmelev A.I.: Inženernaja geomehanika pri podzemnih razrabotkah. «Nedra», Moskva 1985.
2. Turčaninov I.A., Iofis M.A., Kasparjan E.V.: Osnovi mehaniki gornyh porod. «Nedra», Leningrad 1989.
3. Malahov G.M., Bezuh V.R., Petrenko P.D.: Teorija i praktika vypuska rudy. «Nedra», Moskva 1968.
4. Boršč-Komponiec V.I., Batugina I.M. i dr.: Sdviženie gornyh porod i zemnoj poverhnosti pri podzemnyh razrabotkah. «Nedra», Moskva 1984.
5. Milićević Ž., Svrkota I.: Zarušavanje krovnog uglja – najznačajnija faza otkopavanja moćnih slojeva uglja. Rudarski radovi 1-2/ 2003. s. 13.

UPUTSTVO AUTORIMA

Časopis RUDARSKI RADOVI izlazi dva puta godišnje i objavljuje naučne, stručne i pregledne radove.

Pri pisanju i pripremi rukopisa za štampu treba se pridržavati sledećih uputstava:

Rad treba da sadrži: izvod (8-10 redova) na srpskom i engleskom jeziku, ključne reči na srpskom i engleskom jeziku, uvod, eksperimentalni deo, prikaz rezultata, diskusiju i zaključak.

Na prvoj strani je naslov rada na srpskom i engleskom jeziku (naslov rada ne treba da sadrži simbole, formule i skraćenice). Iznad naslova staviti ime i prezime svakog autora sa titulom, naziv i mesto institucija u kojima rade autori. Na kraju prve strane navesti punu adresu jednog autora, radi prepiske.

Rukopis treba da bude otkucan sa jedne strane lista A4 formata, sa jednostrukim proredom i belinom od 2 cm sa svake strane.

Preporučuje se da celokupan rukopis, uključujući sve priloge, ne bude veći od 10 strana.

Autori su dužni da se pridržavaju Međunarodnog sistema jedinica (SI) i Zakona o mernim jedinicama i merilima (Službeni list SFRJ 32(1976)341), kao i preporučenih IUPAC-ovih simbola fizičkih i hemijskih veličina (Glasnik hemijskog društva, Beograd 39(1974) 319-328).

Literaturni navodi se numerišu onim redom kojim se pojavljuju u tekstu arapskim brojevima normalne veličine u uglastim zagradama, a, spisak navedene literature se prilaže na kraju. Skraćene nazive časopisa treba navoditi prema Međunarodnom kodeksu za skraćivanje naslova pojedinačnih publikacija koji je naveden u JUS-u A.02.200 i u Službenom listu SFRJ 46(1981). Radovi se navode na sledeći način:

[1] R. Vračar, G. Jovanović, K. Cerović, S. Stopić, Ž. Kamberović: Metalurgija, 3(1997)243.

[2] B. A. Wills: Mineral Processing Technology, Pergamon Press, Oxford, 1979, str. 35.

Skraćenice i simbole treba objasniti pri prvoj upotrebi u tekstu, a može se dati njihov spisak na kraju rukopisa.

Rukopis rada se dostavlja na adresu:

Časopis RUDARSKI RADOVI

Institut za bakar – Poslovodstvo - Dr Milenko Ljubojev

19210 Bor

ili

Komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina – Resavica – Dr Mirko Ivković

EPS, JP za PEU Resavica

Molimo autore da radove, ako imaju mogućnosti, dostave snimljene na diskete ili elektronskom poštom (E – mail: indok@ibb-bor.co.yu). Radove raditi u Microsoft Wordu 98 ili novija verzija.

Za obaveštenja koristiti telefone: 030/435-164 ili 035/627-566

RUDARSKI RADOVI

Izdavač:

Komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina Resavica
RTB Bor Institut za bakar Bor, Indok centar

Za izdavača:

Predsednik UO
Dr Mirko Ivković
Telefon: 035/627-566

Glavni i odgovorni urednik:

Dr Milenko Ljubojev, naučni savetnik,
dopisni član JINA
Telefon: 030/435-164

Zamenik glavnog i odgovornog urednika:

Đorđe Stanković, dipl.inž. spec. za AOP

Urednik:

Vesna Marjanović, dipl.inž.

Tehnički urednik:

Suzana Cvetković

Redakcioni odbor:

Prof. dr Živorad Milićević
Akademik prof. dr Mladen Stjepanović
Dr Milenko Ljubojev, naučni savetnik
Dr Mirko Ivković, naučni saradnik
Dr Miroslav Ignjatović, naučni savetnik
Dr Miroslav R. Ignjatović
Dr Dragan Zlatanović

Izdavački savet:

Dr Milenko Ljubojev, naučni savetnik
Prof. dr Živorad Milićević
Dr Branko Klikovac
Dr Mirko Ivković, naučni saradnik
Prof. dr Vitomir Milić
Dr Tomislav Vukobratović, viši naučni saradnik
Dr Dragan Urošević, viši naučni saradnik
Savo Perendić, dipl.inž.
Zlatko Dragosavljević, dipl.inž.
Siniša Tanacković, dipl.inž.
Miroslav Gutović, dipl.inž.
Nebojša Atanacković, dipl.inž.

Lektor:

Ljubiša Aleksić

Adresa redakcije:

Institut za bakar Bor
19210 Bor, Zeleni bulevar 35
Tel. 030-435-198, Fax: 030-435-175
E-mail: indok@ibb-bor.co.yu

Tiraž: 150 primeraka

Priprema za štampu:

Institut za bakar Bor, Zavod za informacione sisteme

Štampa: Grafomedtrade Bor

MINES ENGINEERING

Publisher:

Committee Of Underground Exploitation Of The Mineral Deposits Resavica
RTB Bor Copper Institute Bor, Indok centre

For publisher:

President
D. Sc Mirko Ivković
Phone: 035/627-566

Editor-in-chief:

D. Sc Milenko Ljubojev, scientific resercher
Phone: 030/435-164

Executive editor in chief:

B.Sc. Đorđe Stanković

Editor:

B.Sc. Vesna Marjanović

Technical Editor:

Suzana Cvetković

Editorial Board:

Prof. D. Sc. Živorad Milićević
Academ. prof. D. Sc. Mladen Stjepanović
D. Sc. Milenko Ljubojev
D. Sc. Mirko Ivković
D. Sc. Miroslav Ignjatović
D. Sc. Miroslav R. Ignjatović
D. Sc. Dragan Zlatanović

Publishing Council:

D. Sc. Milenko Ljubojev
Prof. D. Sc. Živorad Milićević
D. Sc. Branko Klikovac
D. Sc. Mirko Ivković
D. Sc. Vitomir Milić
D. Sc. Tomislav Vukobratović
D. Sc. Dragan Urošević
B. Sc. Savo Perendić
B. Sc. Zlatko Dragosavljević
B. Sc. Siniša Tanacković
B. Sc. Miroslav Gutović
B. Sc. Nebojša Atanacković

Lektor:

Ljubiša Aleksić

Editorial office adress:

Institut za bakar Bor
19210 Bor, Zeleni bulevar 35
Phone: 030-435-198, Fax: 030-435-175
E-mail: indok@ibb-bor.co.yu

Circulation: 150 copies

Preparation for printing:

Copper Institute Bor,
Department of Informatics

Printed in: Grafomedtrade Bor

SADRŽAJ
CONTENS

<i>M. Maksimović, M. Jovanović, G. Pačkovski</i> PROJEKTNJA REŠENJA GEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA KVARCITA NA PODRUČJU KAONA PROJECT SOLUTIONS TO GEOLOGICAL INVESTIGATIONS OF QARTZITE AT KAONA LOCATION	1
<i>M. Jovanović, K. Nikolić, M. Maksimović</i> VALORIZACIJA BAKRA U DEPOU ŠLJAKE – 10 COPPER RECOVERY IN THE SLAG DEPOT – 1	10
<i>S.Dević, Z.Radojević, D.Urošević</i> MAKROSKOPSKA I MIKROSKOPSKA IDENTIFIKACIJA OSTATKA NA SITU 0,063 mm LEŽIŠTA GLINA U SRBIJI MAKROSCOPY AND MICROSCOPY IDENTIFICATION OF THE RESIDUE ON SIEVE 0.063 mm OF THE CLAY DEPOSITS IN SERBIA	19
<i>D. Kržanović, Z. Vaduvesković</i> DEFINISANJE BLOK-MODELA LEŽIŠTA KALCITA “POTAJ ČUKA” PRIMENOM PROGRAMSKOG PAKETA GEMCOM BLOCK MODEL DEFINING OF THE POTAJ ČUKA CALCITE DEPOSIT BY THE USE OF GEMCOM SOFTWARE	25
<i>R. Rajković, B. Rajković, R. Lekovski</i> PRORAČUN POPREČNOG PRESEKA MATERJALA NA TRACI METODOM RACIONALNIH PARAMETARA CALCULATION OF MATERIAL CROSS SECTION ON CONVEYOR BELT BY THE USE OF RATIONAL PARAMETER METHOD	33
<i>B. Bogdanović, P. Dašić</i> POGODNOSTI ODRŽAVANJA VAZDUŠNIH VENTILATORA I BEZBEDNOST NA RADU U RUDNIKU SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM EVALUATION OF MAINTENANCE THE AIR-DRIVEN FANS AND WORK SAFETY IN THE UNDERGROUND MINE	38
<i>R. Rajković, B. Rajković, R. Lekovski</i> IZBOR PUMPI »FLYGT« ZA ODVODNJAVANJE POVRŠINSKOG KOPA BAKRA »VELIKI KRIVELJ« SELECTION OF THE “FLYGT” DEWATERING PUMPS FOR THE OPEN PIT “VELIKI KRIVELJ”	46
<i>D. Urošević, D. Đuranović</i> ZNAČAJ I PROCENA VREDNOSTI POSLOVNIH PODUHVATA U RUDARSTVU SRBIJE IMPORTANCE AND EVALUATION OF BUSINESS ACTIVITIES IN SERBIAN MINING	52

SADRŽAJ
CONTENS

D. Urošević, D. Đuranović

PROBLEMI EKONOMSKE PROCENE VREDNOSTI RUDNIKA I REZERVI MINERALNIH SIROVINA U SRBIJI PROBLEMS OF ECONOMIC VALUE EVALUATION OF THE MINES AND RESERVES OF MINERAL RESOURCES IN SERBIA.....	61
--	----

V. Milić, Ž. Milićević, N. Cvetković

IDEJNO REŠENJE PRIPREME RUDNOG TELA "TILVA ROŠ" ISPOD XIII HORIZONTA U JAMI BOR DEVELOPMENT OF „TILVA ROS” ORE BODY UNDER XIII LEVEL „JAMA” BOR UNDERGROUND MINE	67
---	----

Ž. Milićević

POTREBNA INVESTICIONA ULAGANJA ZA REVITALIZACIJU PODZEMNE EKSPLOATACIJE U JAMI BOR NECESSARY INVESTMENTS FOR RENEWAL OF UNDERGROUND MINING IN THE UNDERGROUND MINE “JAMA” BOR	76
--	----

Ž. Milićević, V. Milić, I. Svrkota

ZARUŠAVANJE KROVINSKIH STENA PRI OTKOPAVANJU SLOJEVA UGLJA VRLO VELIKE MOĆNOSTI ROOF STRATA CAVING IN THICK COAL SEAMS MINING	83
---	----

RUDARSKI RADOVI – 1 /2007

RUDARSKI RADOVI – 1/2007

1/2007