

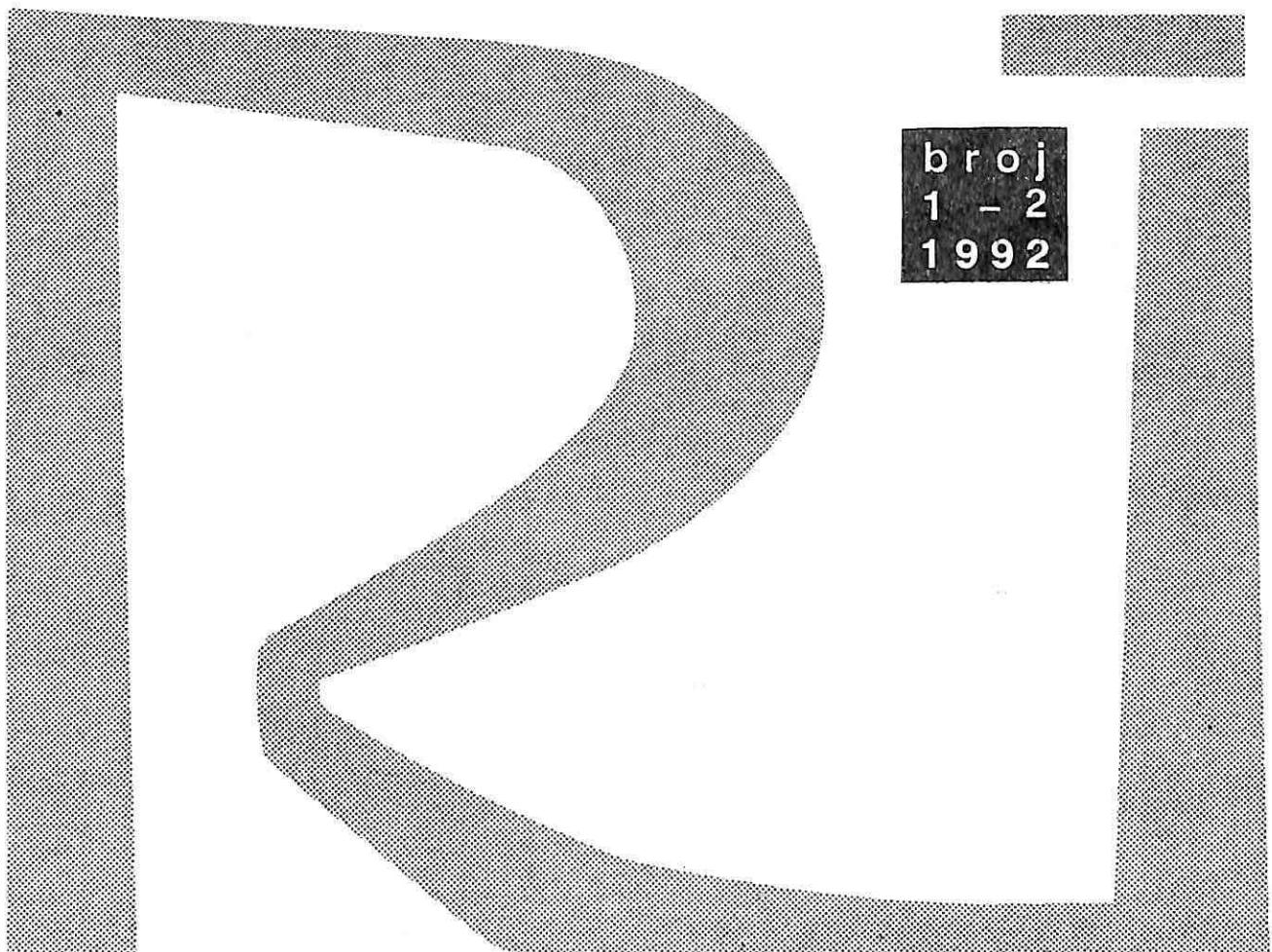
RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 – 9637

broj
1 – 2
1992

RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
BERGBAUZEITSCHRIFT

RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637



broj
1 - 2
1992

RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

Izdavač:

RUDARSKI INSTITUT – BEOGRAD

11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Redakcija:

11080 Zemun, Batajnički put br. 2

Glavni i odgovorni urednik:

dr inž. ĐURO MARUNIĆ, Beograd

Redakcioni odbor:

RADMILO OBRADOVIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
ALEKSANDAR ĆURČIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
BORISLAV PERKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
LJUBOMIR ČOLIĆ, dipl. inž., Rudarski institut Beograd
MILETA SIMIĆ, dr inž., Rudarski institut Beograd
MIRA MITROVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut Beograd

Redakcija:

PETAR ZEC, dipl. fil., Rudarski institut Beograd

U finansiranju časopisa učestvuje Republički fond za nauku, Beograd

TEHNIČKI DIREKTOR: PETAR ZEC – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOGRAD) – FOTO: S. RISTIĆ

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2

EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA

ŠTAMPA: ZAVOD ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV ČERNI“
– BELI POTOK, JAROSLAVA ČERNOG 80, TEL. 649-265

SADRŽAJ

MOMČILO PATARIĆ – ALEKSANDAR STOJANOVIC	
O maksimalnim vrednostima deformacija na površini potkopanog terena	5
Summary	7
DRAGAN MILOJEVIĆ – ĐUŠAN CRNOBRNJIĆ	
Istraživanje uzroka osiromašenja rude pri otkopavanju žilnih ležišta	9
Summary	12
DRAGAN MILOJEVIĆ – NEBOJŠA POPOVIĆ	
Prikaz kompleksne metodologije određivanja osiromašenja rude	15
Summary	17
VESIMIR VESELINOVIC	
EXEL sistem neelektričnog iniciranja udarnim signalnim cevima	19
Summary	26
DRAGANA ŽIVOTIĆ – NENAD MAKAR – KOSTADIN POPOVIĆ – MILANKA STEVANOVIC	
Tehno-ekonomska ocena mogućnosti eksploatacije podinske ugljene serije Rudnika lignita Suvodol	
Summary	31
DRAGOLJUB ĆIRIĆ	
Ostvareni rezultati pri izboru visina otkopavanja bloka korišćenjem dozvoljenog područja rada rotornog	
bagera	33
Summary	38
BRANKA JOVANOVIĆ	
Plovni bager sa točkom za rezanje UCW 450 (O & K) i njegova primena na eksperimentalnom	
podvodnom kopu Kovin	39
Summary	46
<i>Priprema mineralnih sirovina</i>	
MILAN MILOŠEVIĆ – BRANIMIR MONEVSKI – ŽIVORAD LAZAREVIĆ	
Tehnološki proces koncentracije minerala bakra u novom rudniku Cerovo-cementacija Bor	47
Summary	49
MILOSAV ADAMOVIĆ – ZOLTAN KONC – ŽIVORAD LAZAREVIĆ – JOVO DOŠENOVIC	
Pretkoncentracija siromašnih olovo-cinkovih ruda	51
Sumamry	55
BRANIMIR MONEVSKI – ŽIVORAD LAZAREVIĆ – MILAN MILOŠEVIĆ	
Valorizacija siromašnih vanbilansnih ruda bakra ležišta Majdanpek	57
Summary	60

IVANA SIMOVIĆ – STEVAN ĐOKIĆ – MIHAJLO CANIĆ	
Prelog nove tehnološke šeme čišćenja uglja Resavica	61
Summary	67
BRANIMIR MONEVSKI – MILAN MILOŠEVIĆ – ŽIVORAD LAZAREVIĆ	
Ispitivanje mogućnosti supstitucije kreča kao regulatora pH sredine otpadnim NaOH u flotaciji bakra	69
Veliki Krivelj	
Summary	71
 <i>Ventilacija i tehnička zaštita</i>	
NIKOLA PAJKIĆ – DANILO JAKŠIĆ – NEBOJŠA KOSTOVIĆ	
Ispitivanje mogućnosti sanacije aerozagađenja površinskog kopa „Drmno”-Kostolac i okoline od letećih peskova i prašine	73
Summary	76
DRAGOLJUB UROŠEVIĆ	
Model zaštite životne sredine pri površinskoj eksploataciji uglja	77
Summary	78
VASO ELEZOVIĆ	
Tehničko rešenje sanacije požara i konzervacije deponija uglja kod termoelektrane Kolubara	79
Summary	82
KOSTADIN POPOVIĆ – MILOJKO ARSIĆ	
Prikaz primene diskriminacione analize kod selekcije investicionih alternativa	83
Summary	86

O MAKSIMALNIM VREDNOSTIMA DEFORMACIJA NA POVRŠINI POTKOPANOG TERENA

Momčilo Patarić – Aleksandar Stojanović

Rezime

U ovom radu, autori prikazuju obrasce koje su dobili uopštavanjem i testiranjem svojih rezultata koje su dobili dugogodišnjim proučavanjem ove problematike, [Lit. 3.]. Obrasci se odnose na proračun maksimalnih vrednosti deformacija. Na brojnom primeru upoređeni su rezultati sračunati i po metodi Budryk-Knote-a. Kao pouzdaniji za korišćenje u rudarskoj praksi predlažu se obrasci autora ovog rada.

Uvod

Za prvu prognoznu ocenu potencijalne opasnosti za objekte na potkopanom terenu, uobičajeno je da se u našoj rudarskoj praksi koriste vrednosti maksimalnih deformacija koje su sračunate po obrascima metode Budryk-Knotte-a.

Obrasci su jednostavni, važe za slučaj horizontalnog sloja, a uslovno se koriste i za blago nagnute slojeve.

Upoređenjem prognozno sračunatih maksimalnih vrednosti deformacija, sa dozvoljenim vrednostima za pojedine vrste objekata i određene kategorije zaštite, dobija se orijentaciona slika o potencijalnoj opasnosti.

Proučavajući problematiku pomeranja potkopanog terena kao stohastičkog procesa, autori ovog

rada su dobili određene obrasce sa kojima se nā bilo kom mestu mogu sračunati vrednosti pomeranja i deformacija za horizontalne i nagnute slojeve [1, 3].

Testiranjem tih obrazaca na rezultatima dugogodišnjih sistematskih merenja, u zemljama sa razvijenim rudarstvom, ukazala se mogućnost za njihovo uopštavanje i dobijanje jednostavnih izraza, pogodnih za korišćenje u široj inženjerskoj praksi.

Tako su u okviru pratećih rezultata dobijene tablice i obrasci za određivanje uglovnih karakteristika procesa pomeranja, [4], a zatim i empirijski obrasci koji povezuje granični ugao po pružanju (δ_1) sa dubinom otkopavanja i koeficijentom čvrstoće masiva (f).

* Ovaj članak je rezultat rada na istraživačko razvojnom projektu „Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine.“

$$\tan \delta_1 = \sqrt{\frac{H}{300} \cdot \frac{f+2}{\tau}} \quad (1)$$

Koefficijent τ zavisi od odnosa $U_g : U_{max}$, uleganja u graničnoj tački i maksimalnog uleganja. Određuje se po obrascu

$$\Phi(\tau) = 1 - 2 \frac{U_g}{U_{max}},$$

pomoću tablice za $\Phi(\tau)$ koje se mogu naći u svakom udžbeniku matematičke statistike [2, 3, 4].

Primer: $U_g = 10 \text{ mm}$; $U_{max} = 2000 \text{ mm}$.

$$\Phi(\tau) = 1 - 2 \cdot \frac{10}{2000} = 0.9900.$$

iz tablice, $\tau = 2.576$

za $f = 4$; $H = 400 \text{ mm}$.

$$\tan \delta_1 = \sqrt{\frac{400}{300} \cdot \frac{4+2}{2.576}} = 2.689; \quad \delta = 69^\circ, 6$$

Maksimalne vrednosti deformacija

Nagib (N)

Koristeći obrazac (1) i rezultate prethodno objavljenih radova [1, 2, 3], dobijeni su obrasci za proračun maksimalnih vrednosti deformacija: najvećeg nagiba N_{max} , najveće krivine K_{max} , odnosno najmanjeg poluprečnika krivine R_{max} i najveće horizontalne deformacije D_{max} .

Ovi obrasci se navode pod neparnim rednim brojevima, a pod parnim se, radi upoređenja, navode obrasci po metodi Budryk-Knote-a:

$N_{max} = \frac{U_{max}}{r} [\frac{\text{mm}}{\text{m}}] \dots (2)$	$N_{max} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2\pi e}} \cdot \frac{f+2}{\sqrt{300 H}} \dots (3)$
$r = H \cdot \cot \delta_1$	
$\delta_1 = \text{granični ugao: } H = \text{dubina otkopavanja}$	$f = \text{koefficijent čvrstoće}$

Odnos ovih vrednosti je:

$$\frac{N_{max}(2)}{N_{max}(3)} = \sqrt{2\pi e} \cdot \sqrt{\frac{300}{H} \cdot \frac{\tan \delta_1}{f+2}}$$

Slaganje obrazaca je potpuno kada je $\frac{N_{max}(2)}{N_{max}(3)} = 1$, a prema (1) to će biti kada je $\tau = \sqrt{2\pi e}$

$= 2.507$, što približno odgovara odnosu $\frac{U_g}{U_{max}} = 0.006$. Na primer, kada je maksimalno uleganje

$U_{max} = 1000 \text{ mm}$, a granični ugao δ_1 vezan za tačku sa uleganjem $U_g = 6 \text{ mm}$. Ako se za granično uleganje uzme neka druga vrednost $U_g \neq 6 \text{ mm}$, obrasci (2) i (3) daju različite vrednosti maksimalnih nagiba, što je i razumljivo jer svakoj tački sa uleganjem G_i odgovara drugi granični ugao δ_i i, prema (2), drugi nagib $N_{max}(\delta_i)$. Autori ovog članka ukazivali su na više međunarodnih skupova da su u savremenoj stručnoj literaturi granični uglovi vrlo neujednačeni i da ih treba preciznije definisati [2]. Ovaj osvt završava se napomenom da ga ne treba shvatiti kao zalaganje za odnos $\frac{U_g}{U_{max}}$ od 6 %, koji je slučajno dobijen u gornjem primeru. Odnos graničnog i maksimalnog uleganja u većini slučajeva leži u granicama od 1% do nekoliko promila, tako da odgovarajuće vrednosti koefficijenta τ ne odstupaju značajnije od $\sqrt{2\pi}$: leže između 2.3 i 3.1. Zahvaljujući tome i slaganje rezultata dobijenih primenom obrazaca (2) i (3), izuzimajući slojeve čija je efektivna debljina otkopavanja vrlo mala, uglavnom je zadovoljavajuće.

Krivina i poluprečnik krivine

$$K_{max} = 1.52 \cdot \frac{U_{max}}{r^2} [\frac{1}{\text{m}}] \dots (4)$$

$$= \frac{U_{max}}{\sqrt{2\pi e}} \cdot \frac{(f+2)^2}{300 \cdot H} \dots (5)$$

Odnos najvećih krivina je:

$$\frac{K_{max}(4)}{K_{max}(5)} = 1.52 \sqrt{2\pi e} \left(\sqrt{\frac{300}{H} \cdot \frac{\tan \delta_1}{f+2}} \right)^2$$

pa je slaganje obrazaca (4) i (5) potpuno kada je $\tau^2 = 1.52\sqrt{2\pi e} = 6.28$, čemu opet odgovara približno isti odnos kao u prethodnom slučaju – kada je granično uleganje $U_g = 6 \%$ najvećeg uleganja U_{max} . Ali u ovom slučaju odstupanje raste sa kvadratom odnosa $\frac{\sqrt{2\pi e}}{\tau}$.

Pošto je poluprečnik recipročna vrednost krivine, biće

$$R_{max} = \frac{1}{K_{max}}$$

pa uslovi saglasnosti poluprečnika krivina su isti kao i za obrazac (4) i (5).

Horizontalne deformacije

$$D_{max} = 0.6 \cdot N_{max} [\frac{\text{mm}}{\text{m}}] \dots (6)$$

$$D_{max} = \frac{P_{max}}{\sqrt{e}} \cdot \frac{f+2}{\sqrt{300 \cdot H}} \dots (7)$$

gde je P_{max} najveće horizontalno pomjeranje

Brojni primer:

Budryk – Knotte	Patarić – Stojanović
Ulaganje:	
$U_{\max} = d \cdot q \cdot i [mm]$ $d = \text{debljina otkopanog sloja}; q = \text{koefficijent uleganja}; i = \text{iskorišćenje}$ $d = 5 \text{ m}; q = 0.7; i = 0.8; f = 4; \delta_1 = 70^\circ; H = 400 \text{ m}$ $Y_{\max} = 5000 \cdot 0.7 \cdot 0.8 = 2800 [\text{mm}]$	
$N_{\max} = \frac{2800}{146} = 19.1 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$ $r = 400 \cdot \cot 70^\circ = 146$	$N_{\max} = \frac{4+2}{43.4} \frac{2800}{\sqrt{400}} = 19.3 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$
$K_{\max} = 1.52 \cdot \frac{2800}{146^2} = 1.99 \cdot 10^{-1} \frac{1}{\text{m}}$	$K_{\max} = \frac{(4+2)^2}{\sqrt{1240}} \frac{2800}{\sqrt{400}} = 2.02 \cdot 10^{-1} \frac{1}{\text{m}}$
$R_{\min} = \frac{1}{1.99 \cdot 10^{-1}} = 5.0 [\text{km}]$	$R_{\min} = \frac{1}{0.2} = 4.9 [\text{km}]$
$D_{\max} = \pm 0.6 \cdot 19.1 = 11.5 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$	$D_{\max} = \frac{0.33 \cdot 2800}{\sqrt{300} \cdot 400} \cdot \frac{4+2}{\sqrt{e}} = 9.7 \frac{\text{mm}}{\text{m}}$

U nedostatku empirijskih podataka sa naših rudnika, ovde se koristi podatak iz inostrane literature [5], prema kome je $P_{\max} = 0.33$. U_{\max} , pa je odnos najvećih horizontalnih deformacija

$$\frac{D_{\max} (6)}{D_{\max} (7)} = 2\sqrt{e} \sqrt{\frac{300}{H}} \cdot \frac{\tan \delta_1}{f+2}$$

Saglasnost obrazaca (6) i (7) je potpuna kada je $\tau = 2\sqrt{e} = 3.297$ pri čemu odgovara odnos $\frac{U_G}{U_{\max}}$ manji od jednog promila ($< 1\%$).

Zaključak

Pri prognoziranim proračunima ne traži se višoka tačnost računatih podataka, pa je greška koja nastaje zbog neprecizne definicije graničnih uglova uglavnom zanemarljiva. Znatno veća greška se može načiniti, kada se u nedostatku merenih podataka vrednosti graničnih uglova usvajaju metodom inženjerske analogije. Primenom obrazaca (3), (5) i (7) izbegavaju se sve ove teškoće, a naročito pri otkopavanju slojeva male efektivne debljine, a sa njima se dobijaju pouzdaniji rezultati.

SUMMARY

On Maximum Deformation Values on Under Mined Areas Surface

In this paper the authors present formulae developed by generalization and testing of their results realized by many year study of these problems. The formulae are related for calculations of maximum deformation values. On an example the compared results were also calculated in line with the Budryk – Knotte method. Formulae developed by the authors of this paper are recommended as more reliable for application in mining practice.

Literatura

1. Patarić M., Stojanović A.: „Über die stochastische theorie der gebirgsbewegung als abbaufolge“, Band IV, ISM, Aachen, 1979.
2. Patarić M., Stojanović A.: „Über den grenzwinkel beider vorausberechnung der bodenbewegungselemente als abbaufolge“, V ISM, Band III, Varna, 1982.
3. Patarić M., Stojanović A.: „Über den muldenwinkel bei geneigten lagerungen“, VI ISM, Vol. 2, Harrogate, 1985.
4. Patarić M., Stojanović A.: „Die winkelparameter des bewegungsprozesses in nicht untersuchten kohlenrevieren“, VII ISM, Congress, Kentucky–USA, 1991.
5. Pravila ohrany sooruzenii i prirodnnyh objektov, „Nedra“, Moskva, 1981.

Autori: prof. dr Momčilo Patarić, prof. dr Aleksandar Stojanović, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
Recenzent: prof. dr Petar Milanović, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Članak primljen 10.06.1992..

ISTRAŽIVANJE UZROKA OSIROMAŠENJA RUDE PRI OTKOPOVANJU ŽILNIH LEŽIŠTA

Dragan Milojević – Dušan Crnobrnić

Rezime

Da bi se osiromašenje, kao važan tehničko-ekonomski pokazatelj metoda otkopavanja, u potpunosti analiziralo i smanjilo, potrebno je prvo ustanoviti uzroke osiromašenja. U drugoj fazi se određuje metodologija i način izračunavanja veličine osiromašenja, a u trećoj fazi se pristupa određivanju tehničkih mera za smanjenje osiromašenja rude. Ovaj rad se bavi analiziranjem samo prve od tri faze, odnosno analizom uzroka osiromašenja rude. Njih možemo svrstati u tri osnovne grupe i to: geološki, eksploatacionali i subjektivni faktori. U radu su posebno analizirani geološki i eksploatacionali faktori.

Uvod

Mala moćnost rudnih žila, vrlo složeni uslovi eksploatacije i zaledanja ležišta su osnovni uzroci visokog osiromašenja rude koje ponekad iznosi i više od 60%. Vrlo česta osobina žilnih ležišta je i visok sadržaj metala u rudi. Ove osobine žilnih ležišta imaju veliki uticaj na izbor i efikasnost применjenih metoda i tehnoloških postupaka. Zbog toga žilna ležišta zaslužuju posebnu pažnju u istraživanju postupaka racionalne eksploatacije, kroz istraživanje osnovnih parametara metoda otkopavanja.

Jedan od glavnih tehničko-ekonomskih pokazatelja efikasnosti otkopnih metoda je osiromašenje rude. Da bi se ovaj, vrlo važan parametar, u potpu-

nost sagledao neophodno je, u prvoj fazi, istražiti sve moguće uzroke koji utiču na osiromašenje. Kada se ustanove uzroci osiromašenja neophodno je odrediti metode, odnosno metodologiju i način određivanja veličine osiromašenja. Tek onda, u trećoj fazi, se pristupa istraživanju i određivanju tehničkih mera za smanjenje osiromašenja rude.

Istraživanje uzroka osiromašenja rude

Pod pojmom osiromašenja podrazumevamo mehaničko mešanje jalovine ili slabo orudnjениh okolnih stena sa rudom pri njenom otkopavanju. Na

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnom projektu „Istraživanje i razvoj novih tehnologija eksploatacije rudnih ležišta obojenih metala Srbije u cilju revitalizacije i unapređenja eksploatacije, sigurnosti rada i iskorišćenja ležišta“.

taj način dolazi do smanjenja sadržaja korisnih komponenti u rudnoj masi u odnosu na njihov sadržaj pre otkopavanja, pri čemu bilans metala ostaje nepromenjen.

Razlikujemo primarno osiromašenje koje nastaje neposredno pri miniranju rudne mase i sekundarno osiromašenje koje nastaje usled nekontrolisanog priticanja jalovine iz krovinskog i ređe podinskog boka rudne žile.

Osiromašenje može biti nekad 60% pa čak i 70-75%. Razblaženje, kao osiromašenje u užem smislu, se može izračunati za svako radilište, rudni blok ili ceo rudnik, dok se osiromašenje u širem smislu može izračunati samo za ceo rudnik. Iz veličine osiromašenja ne vide se njegovi neposredni uzroci nastanka. Ako detaljno analiziramo sve faktore koji utiču na povećano osiromašenje kod žilnih ležišta male moćnosti, možemo ih svrstati u tri osnovne grupe: geološke, eksploatacione i subjektivne.

Geološki faktori: srednji sadržaj metala u rudi, veličina rudnog tela, oblik rudnog tela, sklop rudnog tela, fizičko-mehaničke osobine rude i okolnih stena, zaleganje rudnog tela, tektonika ležišta i hidrogeološki uslovi u ležištu.

Eksploatacioni faktori: izbor metode otkopavanja, izbor mehanizacije, veličina proizvodnje, način transporta i dužina transportnih puteva.

Subjektivni faktori: netačnost geološko-meračke dokumentacije, organizacija proizvodnje i transporta, kontrola kvaliteta izvedenih radova, ljudski faktor i stimulisanje radnika na proizvodnju.

Geološki faktori

Srednji sadržaj metala u rudi – predstavlja osnovni element odnosno podatak u odnosu na koji se izračunava osiromašenje. Srednji sadržaj metala u otkopanoj rudi zavisi, pre svega, od kvaliteta rude u ležištu, odnosno u eksploatacionom bloku, pa tačnost proračuna srednjeg sadržaja igra veoma značajnu ulogu.

Veličina rudnog tela i osiromašenje stoje u obrnuto proporcionalnom odnosu. Što su dimenzije rudnog tela veće osiromašenje je manje i obrnuto, pogotovo kod žilnih ležišta.

Oblik rudnog tela. Rudna tela nepravilnog oblika, teška za otkopavanje svojom geometrijom i oblikom utiču na povećanu površinu kontakta rude i jalovine, a samim tim i na povećano osiromašenje prilikom otkopavanja. Žilna ležišta male debiljne svojim oblikom utiču na povećano osiromašenje. Rudne žile se uglavnom odlikuju velikom

složenošću, često se râčvaju, javljaju se devijacije i lokalna iskljinjenja ili ruda iz kompaktne prelazi u štokverkna i impregnaciona orudnjenja. Zato prilikom otkopavanja obavezno dolazi do povećanja osiromašenja.

Sklop rudnog tela zajedno sa oblikom i drugim faktorima utiče na osiromašenje. Česte pojave jalovih ili glinovitih umetaka ili proslojaka povećavaju osiromašenje rude prilikom otkopavanja rudnih žila.

Fizičko-mehaničke osobine rude i okolnih stena su jedan od važnijih faktora. Ukoliko su okolne stene tvrde i čvršće od rude osiromašenje je manje i obrnuto. To posebno važi za žilna ležišta male debline. Kod njih u startu otkopavamo jedan deo jalovine uz rudu, a ukoliko su bokovi slabi dolazi do mešanja dodatne količine jalovine. Na taj način se i onako visoko osiromašenje još više povećava.

Zaleganje rudnog tela. – Kod žilnih ležišta je najpovoljnije kada rudna žila ima postojan pad bez naglih promena. Za pojedine metode najbolji su padovi rudnih žila od 70° do 90° .

Tektonika ležišta. Ukoliko je žilno ležište tektonski poremećeno, otkopavanje nije regularno pa na taj način dolazi do povećanog mešanja jalovine sa rudom, a time raste i osiromašenje.

Hidrogeološki uslovi ne utiču u većoj meri na osiromašenje. Povećani priliv vode može više da utiče na gubitak rude nego na osiromašenje.

Eksploatacioni faktori

Izbor metode otkopavanja je jedan od najvažnijih faktora koji utiče na visinu osiromašenja. Za otkopavanje žilnih ležišta mogu se upotrebljavati sledeće grupe metoda:

- metode otvorenih otkopa
- magacinske metode otkopavanja
- metode sa zasipavanjem otkopanih prostora
- metode otkopavanja sa podgradivanjem i zasipavanjem otkopanih prostora
- metode otkopavanja podgradivanjem otvorenih otkopa
- metode otkopavanja sa obrušavanjem krovinskih stena
- metode otkopavanja sa zarušavanjem rude i jalovih stena

Sve ove metode se u svetu koriste u prvočitnom ili modifikovanom obliku. Neke se, zbog malih učinaka ili ekonomskih razloga, sve manje primenjuju. Većina metoda se prilagodava karakteristikama žilnih ležišta, a nisu retke ni kombinacije različitih

metoda. Sve više se koriste i različite varijante metoda otkopavanja pomoću uskopne platforme (Alimak).

Kod nas se, za otkopavanje žilnih ležišta, najviše primenjuju različite varijante metode krovnog otkopavanja sa zasipavanjem, magacinske metode podetažne metode otvorenih otkopa, metode otkopavanja samozasipavanjem, a ređe metode otkopavaju sa zarušavanjem krovine ili neke druge. Svaka od ovih metoda ima svoje specifičnosti i različito se manifestuje na veličinu osiromašenja.

Metode sa zasipavanjem i sa zarušavanjem se kod nas primenjuju u rudnicima Zletovo i Srebrenica kao i u nekim drugim rudnicima metalna i nemetalna. Otkopavanje sa samozasipavanjem je vršeno u rudniku Crnac, kao i u Srebrenici. Kod metoda sa zasipavanjem, pogotovu suvim zasipom, se javlja povećano osiromašenje prilikom utovara rude po površini zasipa. Tom prilikom se zahvata i površinski deo zasipa i tako povećava količina jalovine u rudi. U ovom slučaju je osiromašenje obrnuto proporcional-

no gubitku rude koje se takođe javlja kod metoda sa zasipavanjem u vidu gubitka rude u zasipu.

Magacinske metode otkopavanja imaju široku primenu u klasičnim žilnim ležištima kao što su Zletovo, Srebrenica, Novo Brdo ali i u drugim rudnicima. Kod magacinske metode otkopavanja postoji primarno i sekundarno osiromašenje. Sekundarno nastaje u fazi istakanja magacina zbog ispadanja većih ili manjih komada jalovine iz bokova. Direktno je proporcionalno vremenu istakanja i otkrivenoj površini magacina. Ispitivanja u Mađarskoj su pokazala, da u toku istakanja količine jalovine pridošle u rudu raste svakog meseca za 8-12%.

Metode otvorenih otkopa u uslovima naših rudnika imaju relativno malu primenu. Naime, u rudnicima Badovac i Goleš primenjuje se metoda frontalnog otkopavanja po usponu, a u rudniku Lece za otkopavanje rudnog tela br. 1. podetažna metoda otvorenih otkopa. Na veličinu osiromašenja kod podetažnih metoda naročito veliki uticaj ima pravilno bušenje minskih bušotina, nagib ravni lepeza, njihovo međusobno rastojanje, što uslovljava širinu mini-

Pregled rudnika, metoda otkopavanja i ostvarenog osiromašenja

Tablica 1.

RUDNIK	Pad žile			METODE OTKOPOVANJA	Osiromašenje %
	do 45°	45°	60°		
Badovac	x			– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Otkopavanje sa rušenjem krovne ploče ..	15 – 20 17 – 22
Kišnica	x			– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Otkopavanje sa rušenjem krovne ploče	15 – 20 17 – 22
Novo Brdo		x		– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Podetažno zarušavanje	10 – 12*
Crnač		x		– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Podetažno sa otvorenim otkopima	25 – 30
Blagodat		x		– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Podetažno sa otvorenim otkopima – Magacinska metoda	25 – 30
Lece	x	x		– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Magacinska metoda – Podetažna sa otvorenim otkopima	20 – 25
Veliki Majdan	x	x		– Otkopavanje sa rušenjem krovne ploče – Magacinska metoda	8 – 12
Zletovo	x	x	x	– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Otkopavanje sa rušenjem krovne ploče – Podetažna sa otvorenim otkopima – Magacinska metoda	10 – 14
Srebrenica	x	x		– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Horizontalno krovno sa samozasipav. – Podetažno sa rušenjem krovne ploče – Podetažno sa otvorenim otkopima – Magacinska metoda	35*
Zajača	x	x		– Horizontalno krovno sa suvim zasipom – Otkopavanje sa rušenjem krovne ploče – Metoda krovnog zarušavanja	14 – 17

*Projektovano osiromašenje

rane rude. Od toga zavisi njen gravitacioni tok prilikom istakanja, a način utovara rude na čelu radilišta je od prvorazrednog značaja na veličinu osiromašenja.

U tablici 1 je dat pregled rudnika u kojima se vrši podzemna eksploatacija rudnih žila, sa pregledom metoda otkopavanja koje se primenjuju ili su se primenjivale kao i ostvarena osiromašenja za date metode.

Izbor mehanizacije primenjene u tehnologiji otkopavnja rude po nekoj metodi takođe značajno utiče na veličinu osiromašenja. Ovo je posebno značajno kod žilnih ležišta male moćnosti. Svaka od primenjenih metoda u zavisnosti od moćnosti, zahteva i planiranu širinu otkopa. Otkopne širine uslovljene izborom mehanizacije su one širine u kojima određeni tip opreme može optimalno raditi. Prosečno ove širine u našim rudnicima iznose: za skrepere 1,2 m, za transportno-utovarne lopate T2GH 2,20 m, a za CAVO310 2,60 m.

Pošto većina rudnika raspolaže sa nekoliko tipova mehanizacije, veoma je važno u zavisnosti od moćnosti rudne žile, projektovane širine otkopa i veličine otkopnog bloka, pravilno odabrati tip mehanizacije. Osiromašenje koje je uslovljeno nepravilnim izborom otkopne mehanizacije može biti preko 20%, a u nekim slučajevima dostiže i 40%. Pravilnim izborom mehanizacije osiromašenje rude se može smanjiti na pojedinim otkopima za 15-20%.

Međutim, usled lošeg izvođenja radova, nepažnje i loše organizacije rada, otkopna širina se još povećava. To je stvarna otkopna širina koja uslovjava i novo osiromašenje.

Veličina proizvodnje je u direktnoj vezi sa veličinom osiromašenja. Kapacitet i osiromašenje su usko vezani za izbor metode otkopavanja. Veličina proizvodnje kao faktor osiromašenja posebno utiče kod metode u kojima se vrši

istakanje rude (magacinske, podetažne). Brzina istakanja je jedan od elemenata koji u tom slučaju igra važnu ulogu u veličini osiromašenja.

Kao što smo rekli istovremeno sa obaranjem rude odvajanje i mešanje jalovine sa rudom se događa i u procesu jednog istakanja iz bloka. Uzimajući podatke iz nekoliko stranih rudnika o količini pridošle jalovine prilikom istakanja rude dolazi se do vrlo značajnih podataka. Tako na primer na rudniku Utinskij pridošla jalovina je dostigla 17% od ukupne težine rovne rude. U rudniku Aljaskitovij ta količina iznosi 10-15%, a na rudniku Ege Haja 10-12%. Kod lošijih uslova za otkopavanje te količine mogu porasti do 20-30%, a kod vrlo nepovoljnih uslova i više.

Način utovara, transporta rude i dužina transprotnih puteva takođe utiču na visinu osiromašenja. To posebno važi za utovar kada najlakše dolazi do mešanja rude sa jalovinom. Osiromašenje može da se javi i na pretvorenim mestima što zavisi od tipa i načina pretovara. Do najvećeg osiromašenja dolazi prilikom transporta rude po otkopu do rudne sipke i prilikom transporta, odnosno spuštanja rude kroz sipke, pogotovo ako su sipke mešovite pa se vrši naizmenično spuštanje rude i jalovine.

Subjektivni faktori

Netačnost geološke i meračke dokumentacije, organizacija proizvodnje i transporta, kontrola kvaliteta radova, ljudski faktor i savest radnika kao i stimulisanje radnika su subjektivni faktori koji takođe utiču na povećano osiromašenje. Oni nisu ništa manje važni od geoloških i eksploracionih faktora. Po nekim autorima subjektivni faktori su glavni uzrok osiromašenja jer se podrazumeva da je projektna dokumentacija za otkopavanje uglavnom urađena po važećim tehničkom normativima i propisima.

SUMMARY

Causes of Ore Quality Deterioration In the Exploitation Process of Vein Deposits

In the first place it is necessary to define the causes of ore quality deterioration in order to analyse and attenuate this process, as it is an important technical and economic factor which points out adequate mining methods. In the second phase, the methodology and the calculation principles are established. In the third phase technical means which will attenuate this process are determined.

This paper deals just with the first of the three mentioned phases, in other words it analyses the causes of ore quality deterioration. These causes can be classified into three main groups: geological, mining and subjective factors. In this case geological and mining factors are brought into the focus.

Literatura

1. Milojević D., 1991: Istraživanje i razvoj novih tehnologija eksploatacije rudnih ležišta obojenih metala Srbije u cilju revitalizacije i unapređenja eksploracije, sigurnosti rada i zamene iskorišćenih ležišta – Izučavanje i uvođenje mehanizovanog otkopavanja žilnih ležišta obojenih metala, Izveštaj za 1991. god. Beograd.
2. Milojević, D., 1992: Uticaj primene metoda otkopavanja na osiromašenje pri otkopavanju rudnih žica, XXIV oktobarsko savetovanje, Bor.
3. Nazarčik, A. F., 1972: Issledovanie effektivnosti razrabotki žil'nyh mestoroždenij, Nauka, Moskva.
4. Čobić T., 1980: Geološko-ekonomski efekti razblaženja i gubitka rude, Radovi Geoinstituta, Knjiga 14, Beograd.
5. Kačunković, V., Gluščević, A., Spasojević, Lj., Ilić, Z., 1985: Primjenjene metode otkopavanja i mogućnosoti njihovog usavršavanja, Savetovanje o stanju, problemima, ciljevima i razvoju olova, cinka i antimona do 2000. god. Šabac.

PRIKAZ KOMPLEKSNE METODOLOGIJE ODREĐIVANJA OSIROMAŠENJA RUDE

Dragan Milojević – Nebojša Popović

Rezime

Ovaj rad se bavi analizom metode određivanja i izračunavanja veličine osiromašenja rude. Analiza je urađena sa aspekta podzemne eksploatacije žilnih ležišta male moćnosti, kod kojih, prilikom otkopavanja, osiromašenje predstavlja dominantan pokazatelj. Prikazana metodologija uzima u obzir nedostatke postojećih metoda određivanja osiromašenja rude, jednostavna je i dovoljno tačna. Istovremeno ona omogućava određivanje veličine osiromašenja, ne samo za rudnik, jamu ili revir u celini, već i po pojedinačnim blokovima, otkopima ili rudnim žilama.

Uvod

Postoji više različitih metoda za izračunavanje veličine osiromašenja. Pomoću većine njih se može izračunati osiromašenje rude samo u celini za ceo rudnik, a ne za pojedine blokove, žile, radilišta ili za pojedine metode otkopavanja, ako ih ima više. Neke metode ne uzimaju u obzir sadržaj metala u pridošloj jalovini. Osnovni proračunski pokazatelj-sadržaj metala u rovnoj rudi se obično određuje putem određivanja pridošle jalovine na kraju procesa otkopavanja, što ne daje uvek prave i dovoljno tačne rezultate – pogotovo kod žilnih ležišta male moćnosti. U ovom radu je prikazana i analizirana jedna od kompleksnih metoda koja omogućava određivanje i

izračunavanje osiromašenja rude i kod žilnih ležišta male moćnosti. Metodu je razvio A.F. Nazarčik sa većom grupom saradnika i može se koristiti u praksi u našim rudnicima.

Određivanje osiromašenja rude

Suština ove metode sastoji se u određivanju koefficijenta stvarnog osiromašenja, koji predstavlja odnos težine otkopane rude (rovne rude) i težine čiste rude koja se nalazi u njoj:

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnom projektu „Istraživanje i razvoj novih tehnologija eksploatacije rudnih ležišta obojenih metala Srbije u cilju revitalizacije i unapređenja eksploatacije, sigurnosti rada i iskorišćenja ležišta“

$$K_o = \frac{Q_{rr}}{Q_r} \quad (1)$$

Ako jalovina pomešana sa čistom rudom, ne sadrži metal, onda će se koeficijent stvarnog osiromašenja pokazati kada se sadržaj metala u otkopanoj rudi smanji u poređenju sa sadržajem u čistoj rudi. Veličinu koeficijenta stvarnog osiromašenja u otkopanoj rudi možemo odrediti na osnovu jammerskih merenja debljine, odnosno moćnosti rudne žile, širine otkopanog prostora, zapreminske težine rude i pratećih stena, koristeći se sledećim izrazom:

$$K_o = \frac{(m_o - m_r) \times \gamma_{pj} + m_r \times \gamma_r}{m_r \times \gamma_r} \quad (2)$$

gde je:

- m_o – širina otkopnog prostora, otkopa (m)
- m_r – srednja debljina rude, rudne žile (m)
- γ_{pj} – zapreminska težina pratećih stena (t/m^3)
- γ_r – zapreminska težina čiste rude (t/m^3)

Ako je promešana jalovina sa čistom rudom mineralizovana, odnosno ako jalovina sadrži određeni procenat metala, onda se koeficijent stvarnog osiromašenja određuje po formuli:

$$K_o = \frac{[(m_o - m_r) \times \gamma_{pj} + m_r \times \gamma_r] \times S_r}{(m_o - m_r) \times \gamma_{pj} \times S_{pj} + m_r \times \gamma_r \times S_r} \quad (3)$$

gde je:

- S_r – sadržaj metala u žili (%)
- S_{pj} – sadržaj metala u pratećim stenama (%)

U pojedinim slučajevima, kada se oborenja ruda sortira ili prebira u jami, veličina koeficijenta osiromašenja pri istakanju se određuje po formuli:

$$K'_o = \frac{Q_{rr} - Q_j}{Q_r - Q'_r} \quad (4)$$

gde je:

- Q'_r – težina rude-žične mase izgubljene u sortiranoj odvojenoj jalovini (%)

$$Q'_o = \frac{Q_j \times S_j}{S_r} \quad (5)$$

gde je:

- Q_j – težina odvojene-sortirane jalovine u jami (%)
- S_j – sadržaj metala u odvojenoj jalovini (%)

Zamenjujući vrednost Q'_r iz formule (5) u formulu (4), dobijamo:

$$K'_o = \frac{(Q_{rr} - Q_j) \times S_r}{Q_r \times S_r - Q_j \times S_j} \quad (6)$$

Formula (6) se može uporediti ako pridošla jalovina, koja osiromašuje rudu, ne sadrži metal i kada prilikom istakanja rude iz bloka nema gubitaka rudne mase ili su oni neznatni.

Za još tačnije izračunavanje koeficijenta osiromašenja rovne rude neophodno je uzeti u obzir i gubitele čiste rude koji nastaju prilikom istakanja rude. Kod metoda otkopavanja sa otvorenim otkopima ova veličina je neznatna i u niz slučajeva se može zanemariti. Kod metoda otkopavanja sa zasipavanjem otkopanog prostora gubici se javljaju zbog ostajanja sitnijih čestica, uglavnom bogate rude, u gornjem sloju zasipa. Ovi gubici metala su veći i često dostižu 10-15%, tako da kod izračunavanja osiromašenja rude oni treba da se uzmu u obzir. U tom slučaju koeficijent osiromašenja u rovnoj rudi se određuje na osnovu sledećeg izraza:

$$K''_o = \frac{(Q_{rr} - Q_j) \times S_r}{Q_r \times S_r + (Q_{rr} - Q_r) \times S_{pj} - Q_j \times S_j - 100 \times R_M} \quad (7)$$

gde je:

- Q_{rr} – količina rovne rude iz bloka ili jame (t)
- R_M – gubici metala u zasipu i prilikom ispuštanja rude (t)

Formula (7) je opšta formula za određivanje koeficijenta osiromašenja u izveženoj, odnosno rovnoj rudi.

Dopunsko osiromašenje, dobijeno pri istakanju rude na račun pridošlih komada odvojene jalovine, određuje se kao razlika koeficijenta osiromašenja dobijene i oborenje rude

$$K''_o = K'_o - K_o \quad (8)$$

Rovna ruda, pored prerade u flotaciji, se obično u pojedinim slučajevima pre "toga dodatno sortira. U tom slučaju je ulazna ruda donekle obogaćena (jer se pri sortiranju izbací jedan deo jalovine) pa se koeficijent njenog osiromašenja određuje po formuli:

$$K_{ps} = \frac{(Q_{rr} - Q_j) \times S_r}{Q_r \times S_r + (Q_{rr} - Q_r) \times S_{pj} - Q_j \times S_j - 100 R_M - Q'_j \times S'_j} \quad (9)$$

gde je:

- $Q_{rr} - Q_j$ – količina otpremljene rude u flotaciji (t)
- Q'_j – težina jalovine izdvojene iz rude na površinskom sortiranju (t)
- S'_j – sadržaj metala u izdvojenoj jalovini (%)

Veličina za koju se promenilo osiromašenje rude, otpremljene u flotaciju u poređenju sa osiromašenjem rovne rude, nalazi se iz razlike:

$$K_{ps} = K'_o - K_{ps} \quad (10)$$

SUMMARY

Review of the Complex Methodology Applied to Determine the Ore Quality Deterioration

This paper deals with the analysis of different methods and means in order to determine and calculate the level of the ore quality deterioration. This analysis is carried out with regard to underground mining of vein deposits of poor thickness, considering this characteristic as a predominant indicator during the exploitation period. The presented methodology takes into consideration the faults and imperfections of the existing methods used to determine the ore quality deterioration, and has proven to be simple and sufficiently correct. At the same time it enables the determination of the level of this deterioration, not only for the mine, pit or the whole mining district, but also for individual blocks, stopes and veins.

Literatura

1. Milojević, D., 1991: Istraživanje i razvoj novih tehnologija eksploatacije rudnih ležišta obojenih metala Srbije u cilju revitalizacije i unapređenja eksploatacije, sigurnosti rada i zamene iskorišćenih ležišta – Izučavanje i uvođenje mehanizovanog otkopavanja žičnih ležišta obojenih metala. Izveštaj za 1991. god. Beograd.
2. Nazarčik, A.F., 1972: Issledovanie effektivnosti razrabotki žil'nyh mestoroždenij, Nauka, Moskva
3. Čobić, T., 1980: Geološko-ekonomski efekti razblaženja gubitaka rude, Radovi Geoinstituta, Knjiga 14, Beograd
4. Đajić, D. 1976: Iskorišćenje rude iz ležišta i razblaženje rude u procesu otkopavanja. Prvi jugoslovenski simpozijum o podzemnoj eksploataciji, Tuzla.

EXEL SISTEM NEELEKTRIČNOG INICIRANJA UDARNIM SIGNALNIM CEVIMA

Vesimir Veselinović

(sa 7 slika)

Rezime

U ovom radu razmatra se sledeće:

- Osnovne karakteristike Ekselovog sistema – opšta razmatranja
- Tehnologija udarnih cevi
- Iniciranje i aktiviranje, vremenski usporivači, kratkovremeni i dugovremeni usporivači
- Primena, rukovanje i povezivanje
- Prednosti primene udarnih cevi i
- Zaključak

Uvod

U radu se izlažu osnovne karakteristike i specifičnosti Exel sistema neelektričnog iniciranja eksplozivnih punjenja. U sistemu se primenjuju plastične cevi na unutrašnjosti obložene finim eksplozivnim punjenjem. Ove cevi u stručnoj terminologiji često se nazivaju udarnim signalnim cevima ili vatroprovodnim cevima. Preko cevi prenosi se inicijalni impuls sa punjenja na punjenje u minskoj seriji. Sistem je našao primenu na površinskim kopovima, kao samostalni sistem iniciranja ili u kombinaciji sa detonirajućim štapinom, a u podzemnim rudnicima, u nekim slučajevima, u kombinaciji sa Fotodet sistemom.

Opšta razmatranja

Exel sistem neelektičnog iniciranja eksplozivnih punjenja je novi sistem iniciranja, proizveden od Imperial Chemical Industry (ICI) – Velika Britanija i

Kanada. Ovaj novi sistem iniciranja predstavlja značajan korak napred u razvoju neelektričnih sistema za iniciranje i vrhunsko dostignuće u svetu za iniciranje pri miniranju u rudarstvu (podzemna i površinska eksploatacija mineralnih sirovina), građevinarstvu (izgradnja sobračajnica, brana, luka i sl.), i u vojne svrhe. Exel sistem iniciranja počeo se primenjivati u Engleskoj, Kanadi, Meksiku, Brazilu, Indiji, Australiji i Južnoafričkoj Uniji. U toku je velika komercijalno-stručna propaganda širom sveta na proširenju plasmana Exel sistema u drugim zemljama.

Exel sistem iniciranja veoma je sličan švedskom sistemu iniciranja sa nazivom Nonel (Nitro Nobel). Oba naziva sistema su praktično skraćenice za neelektrične sisteme iniciranja. Nonel sistem neelektričnog iniciranja našao je masovnu primenu u skan-

dinavskim zemljama, zatim na većim gradilištima i rudnicima širom sveta. SAD su kupile licencu za njegovu proizvodnju i rapidno se uvodi u primenu. U SAD osvojena su još dva neelektrična sistema: Blastermaster RTD sistem sa rezervnim vodovima i Shock Star sistem, a u Kanadi Fotodet sistem. Potrošači eksploziva sve više prelaze na neelektrične sisteme iniciranja, bez obzira da li se na gradilištu i rudniku primenjuje dizel ili električna oprema. U SAD takođe primenjuju kombinovani sistem iniciranja – kombinaciju Exel ili Nonel sistema sa detonirajućim štapinom niske energije. Sistem se počeo pojedinačno primenjivati još od 1970. godine, međutim tek sada je počeo da dobija širu primenu.

Glavne karakteristike Exel sistema

Exel sistem iniciranja sastoji se iz plastičnih udarnih vatroprovodnih cevi, punjenja od finog eksplozivnog praha, vremenskih detonatora, vremenskih usporivača, veznih blokova (blokova za spajanje) i kobra spojnica.

a. Plastične udarne vatroprovodne cevi

Primena plastičnih cevi u proizvodnji inicirajućih sredstava datira od 1956. godine. One su najpre upotrebljavane za spoljnu zaštitu detonirajućeg i sporogorećeg štapina, umesto upredenih tekstilnih vlakana. Tada su se polietilenske cevi izvlačile iz polimer granula pomoću ekstrudera. Za izradu eksplozivnog punjenja bilo je potrebno obezbediti i uskladiti tačno uravnoveženu brzinu ekstruzije, brzinu odmeravanja i ubacivanja eksplozivnog praha i brzinu namotavanja.

Cevi su se najpre proizvodile od Surlyn-a, koji predstavlja jonomer guma-polimer. Docnije su se cevi proizvodile kao dvoslojne, u kojima je unutrašnji sloj izrađen od Surlyn-a, a spoljašnji od polietilena. Spoljašnji sloj poboljšava jačinu cevi, otpor abraziji i nepropustljivost, ali se troškovi izrade cevi povećavaju.

ICI iz Velike Britanije je 1987. godine proizveo novi tip monoplastične cevi, čemu je doprinelo poboljšanje tehnike i tehnologije proizvodnje polimera. Za to je bilo potrebno primeniti novu visokopreciznu metodu odmeravanja eksplozivnog praha. Jedan aditiv je pomešan sa poliolefinom, koji poboljšava adheziju. Hladan proces izvlačenja cevi povećao je fizička svojstva cevi na istezanje, kao i čvrstoću i žilavost cevi.

Plastične cevi u Exel sistemu su jednoslojne-monoplastične cevi izrađene od mešavine poliolefinskog polimera. Sadašnji kvalitet cevi je rezultat 30-godišnjeg

istraživanja specijalizovanih stručnjaka u polimetertehnologiji i stručnjaka za eksplozive iz ICI, industrijskog svetskog giganta. Osvojenom tehnologijom proizvodnje cevi, tj. dinamičkim procesom topljenja izliva-rastopine, umesto standardne ekstrudacije, dobijena su posebna svojstva unutrašnjih površina cevi. Primenom hladnog procesa istezanja cevi znatno su poboljšana mehanička svojstva cevi. Plastične cevi primenjene u Exel sistemu iniciranja imaju za 400 % veću čvrstoću na istezanje u odnosu na cevi konvencionalne proizvodnje i znatno smanjuju mogućnosti prekida i presecanja u dubokim grubim buštinama.

Za proizvodnju plastičnih cevi mora se primeniti odgovarajući materijal, jer od toga zavisi funkcionalnost i pouzdanost sistema iniciranja. Cevi moraju biti nepropustljive za dizel gorivo (ANFO i NaNFO eksplozivne smeše) i rastvor amonijum nitrata u vodi.

Spoljašnji prečnik plastičnih cevi iznosi oko 3 mm, a unutrašnji oko 1,5 mm. Udarne cevi u Exel sistemu iniciranja imaju dovstruko manji prečnik od zaštitnih plastičnih cevi za detonirajući štapin.

Standardna dužina Exel cevi iznosi 3, 6, 12 i 27 m.

Udarne cevi su 4 puta otpornije na abraziju, a znatno je reducirano i skupljanje cevi na visokim temperaturama. One se mogu primenjivati u svim vremenskim uslovima.

Cevi se isporučuju namotane na kalemove. U jednom sanduku nalazi se 8 kalemova. Broj kompleta Exel cevi po sanduku zavisi od dužine cevi. Na primer, u jedan sanduk može se smestiti 10 jedinica Exel cevi po 30 m ili 40 jedinica po 6 m dužine.

b. Eksplozivna punjenja udarnih vatroprovodnih cevi

Unutrašnji zidovi plastičnih cevi su prevučeni, odn. obloženi finim slojem eksplozivnog praha. Za obezbeđenje prianjanja eksplozivnog praha na unutrašnjim zidovima cevi koristi se specijalni aditiv pomešan sa poliolefinom. Na taj se način poboljšava adhezija.

U Exel sistemu eksplozivni prah čini mešavina HMX (oktogen) sa malim procentom finih aluminijumskih ljsupica. HMX-oktogen je ciklotetra-metilen-tetra-nitramin $C_4H_8N_8O_8$ u obliku sičušnih poliedara, gustine $1,96 \text{ g/cm}^3$. On je senzibiliziran aluminijumskim ljsupicama. Termički je stabilniji od PENT(pentrita) i sigurniji u proizvodnji udarnih cevi. Doziranje cevi kroz pribor ekstrudera je znatno sigurnije nego pri upotrebi pentrita. Svojstva cevi obezbeđuju da fini sloj eksplozivnog praha prisno i kontinuirano prianja

na unutrašnjim površinama cevi. Unutrašnjost cevi poseduje veći stepen adhezije, tako da se eksplozivni prah prilepljuje za zidove cevi u obliku jednako distribuiranog sloja.

Eksplozivno punjenje u cevi stvara jednako-merni udarni talas, koji se širi kroz njih detonacionom brzinom od 2.100 m/s. Udarni talas ima konstantnu brzinu i konstantno dejstvo. Nove cevi uspešno odo-levaju eksplozivnom udaru bez oštećenja. Pri aksijalnom iniciranju eksplozivne smeše u cevima koristi se tzv. kanalni efekat.

Razvoj procesa detonacije kroz cevi je proučavan teoretski i eksperimentalno sa raznim eksplozivnim smešama. U tom cilju razvijeni su matematički modeli i analizirani elektronski mikrografi.

Zbog male mase eksplozivnog punjenja po dužnom metru udarnih detonacionih cevi, ne postoji opasnost presecanja jedne cevi drugom pri detonaciji, što se događa pri upotrebi detonirajućeg štapina. Prema tome, cevi mogu biti jedna pored druge, jedna povrh druge, mogu se presecati-ukrštati ili se nalaziti u kolutima i neće biti izazvan prekid detonacionog impulsa u njima ili prekid detonacije u drugim eksplozivnim punjenjima.

Ne preporučuje se da se cevi presecaju makazama ili kidaju, već da se koriste samo u dužinama koje su isporučene od proizvođača.

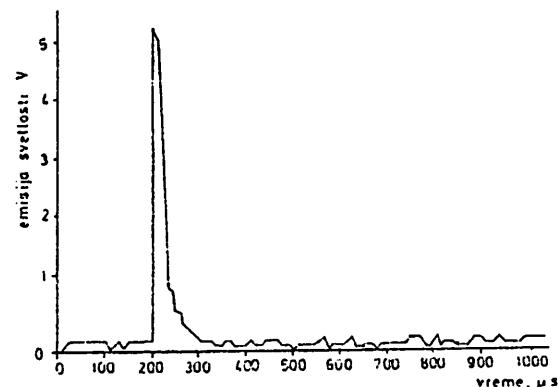
Exel sistem iniciranja može da predstavlja zatvoren sistem. Njime se obezbeđuje zatvoreno detonaciono kolo, koje sprečava otkazivanje detonacije u bilo kom delu minskog polja.

Neinicirane plastične udarne cevi bez detonatora, koje bi nekontrolisano upale u drobilična postrojenja, ne mogu izazvati bilo kakva oštećenja i nezgode. Nasuprot tome, detonirajući štapin može prouzrokovati različita oštećenja.

Sadržaj eksplozivnog praha po 1 m cevi iznosi samo nekoliko hiljaditih grama, nasuprot detonirajućem štapinu koji sadrži nekoliko grama. Eksplozivno punjenje u cevima iznosi približno 1/1.000 od punjenja eksplozivnog jezgra detonirajućeg štapina. Zbog toga cev ostaje čitava, netaknuta posle prola-ska udarnog talasa i inicijacija je izuzetno tiha i pri-gušenog zvuka. Pri detonaciji detonirajućeg štapina stvara se zvuk i podiže prašinu. Izuzetno mala ko-ličina punjenja eksplozivnim prahom u cevima ne može eksplozivnim udarom izazvati bočno iniciranje i desenzitizaciju eksplozivnog punjenja u bušotini.

Za određivanje procesa koji se događaju unutar cevi, pri detonaciji eksplozivne prevlake u njoj, potrebno je poznavanje više elemenata kao elemente

neidealne detonacije, višefaznog procesa, transfera masa i topote, hemijskih reakcija itd. Ispitivanja u cevima su se izvodila sa raznim eksplozivnim mate-rijalima i merila se emisija svetlosti.



Sl. 1 – Emisija svetlosti pri detonaciji HMX/Al unutar udarne vatroprovodne cevi

Brzina detonacije mešavine oktogen/aluminijum u cevima iznosi oko 2.000 m/s. Pri inicijalnom impulsu nastaje hemijska reakcija između aluminijuma i vazduha, koja prouzrokuje dekompoziciju oktoga-na. Vazduh unutar cevi je zagrejan i pokrenut dejstvom udara. Oktogen pri detonaciji oslobađa gas i energiju, koji stvaraju udarni talas. Konstrukcijom i kvalitetom cevi znatno je reducirana migracija praha u cevima. Udarne cevi su optički prozirne, što omogućava monitoring praškastog eksplozivnog punje-nja kroz zidove cevi. Čestice mešavine eksploziva na unutrašnjim zidovima cevi se pod dejstvom udara rastresaju, odvajaju, zagrevaju i u celom preseku cevi detoniraju istom brzinom detonacije.

c. Vremenska usporena

U Exel sistemu iniciranja primenjuju se neelek-trični detonatori sa dugovremenim i kratkovremenim usporenjima i vremenski usporivači.

Detonatori sa dugovremenim usporenjima imaju različite periode usporena. U primeni je 27 usporenja sa ukupnim usporenjem od 9.000 milise-kundi. Periodi usporena se povećavaju sa brojem detonatora.

Detonatori sa kratkovremenim usporenjima imaju dva različita perioda usporena i to od 25 milise-kundi (do 500 milisekundi) i od 100 milisekundi (od 500 do 1.000 milisekundi).

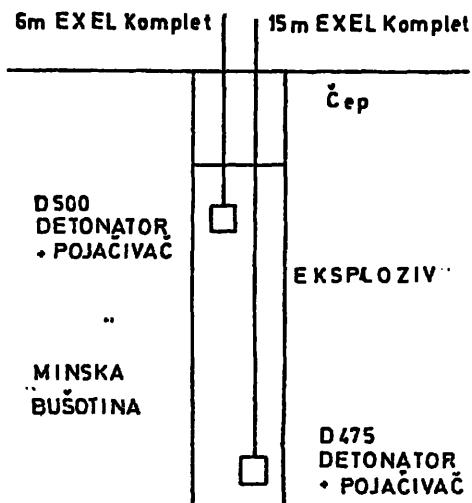
Mogućnosti izbora različitog vremena usporenja i raznih kombinacija usporenja, a u zavisnosti od stručnosti minerskog personala, mogu doprineti dobijanju optimalne fragmentacije izminiranog materijala i postizanju minimalnih seizmičkih potresa.

Usporenje se može primeniti samo na površini, samo u bušotini i kombinovano.

U bušotinama veće dubine i većeg prečnika vrlo često se primenjuju u jednoj istoj bušotini po dva usporenja. Na dnu bušotina postavlja se kraće usporenje, tako da se postiže efikasnije podno iniciranje, a pri vrhu duže usporenje. Usporenje pri vrhu u istom eksplozivnom punjenju ima zadatak da osigura potpunu detonaciju celog punjenja u dubokim bušotinama ili se primenjuje za iniciranje gornjeg razdvojenog eksplozivnog punjenja.

Usporenja na površini postižu se preko bloka za spajanje udarnih cevi, u koji se postavljaju vremenski usporivači-detonatori.

VRŠNO I PODNO INICIRANJE PRIMENOM VREMENSKIH DETONATORA



Sl. 2 – Iniciranje istog bušotinskog eksplozivnog punjenja sa dva različita usporenja (D 475 i D 500).

U primeni su vremenski usporivač-detonatori sa usporenjima od 0, 25, 33, 42 i 58 milisekundi, pričvršćeni na Exel cevi dužine 6 m.

U Velikoj Britaniji pri kombinaciji unutrašnjih i spoljašnjih usporenja vodi se računa da usporenje između bušotina ne prekoračuje 8 milisekundi.

d. Iniciranje i aktiviranje

Udarme detonacione cevi praktično zamjenjuju stare sisteme iniciranja eksplozivnih punjenj, kao što

su iniciranje sporogorećim štapinom sa detonatom, detonirajućim štapinom, električnim detonatom i posredstvom specijalnog šapina za paljenje sporogorećeg šapina (Igniter i quarry cord). Cevi daju pouzdan signal širenja detonacije.

Na krajevima Exel udarnih cevi pričvršćen je detonator. Udarni talas koji se širi kroz unutrašnjost cevi inicira detonator, a od njega se detonacije prenose na udarnu patronu; pojačivač ili direktno na eksplozivno punjenje. Cevi se mogu inicirati specijalnim mašinama namenjenim za njihovo iniciranje, standardnim električnim detonatorima, sporogorećim štapinom sa detonatorom, detonirajućim štapinom i start pištoljima. Ne mogu se direktno inicirati iz raznih izvora električne struje, niti otvorenim plamenom i ne mogu se zapaliti niti goreti.

Exel cevi sa malim punjenjem eksplozivnim prahom omogućavaju efikasnu i praktičnu primenu tačkastog iniciranja eksplozivnih punjenja u bušotinama.

Podno iniciranje, tj. iniciranje sa dna minskih bušotina ima više operativnih prednosti. Postavljanje detonatora na dno bušotina je jednostavnije, a proces punjenja eksplozivom je lakši. Podno rušenje je efikasnije od rušenja sa vrha, a položaj izminiranog materijala je znatno povoljniji za utovar. Izbor sekvenčne iniciranja je veoma fleksibilan.

Broj usporenja nije ograničen kapacitetom maštine za paljenje mina, što ima prednosti u odnosu na električno aktiviranje minskih serija.

Vremenski detonator se direktno ubacuje na pojačivač ili udarnu patronu, a Exel cev se zatim omotava u obliku dvostrukog polu-čvora oko pojačivača ili patronе i time obezbeđuje od ispadanja.

Exel cevi na površini se povezuju, tek posle završenog punjenja i začepljenja bušotina.

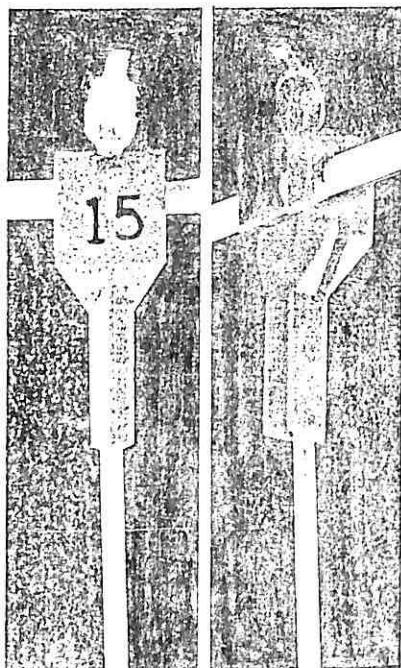
Blokovi za spajanje cevi sa detonatorima ne smiju dodirivati druge Exel cevi i moraju biti spojeni tačno određenim redosledom.

Miniranje primenom Exel udarnih cevi

Primena Exel sistema iniciranja počela je 1989. godine u Velikoj Britaniji. Iako je sistem predviđen za miniranje na površini i u podzemnim radovima, za sada se pretežno primjenjuje na površini.

Na nekim površinskim kopovima Exel udarne cevi se primenjuju samo kao bušotinski vodovi, a za magistralne vodove na površini se primenjuje detonirajući štapin. Za njihovo povezivanje koristi se specijalna spojnica, tzv. „kobra“ spojnica (sl. 3.).

Za povezivanje Exel cevi na površini koriste se plastični blokovi za spajanje, tzv. vezni blokovi (sl. 4). Preko Exel cevi i usporivača-vremenskog detonatora u centru bloka dobija se inicijalni impuls i programirano usporenenje na površini. Bušotinski vod Exel cevi (levo) provlači se kroz jedan otvor veznog bloka, a njegova prekomerna dužina (suvlačen deo) se postavlja u stranu. Drugi vod Exel cevi (desno) provlači se kroz drugi otvor veznog bloka i proteže kao magistralni vod ka susednoj bušotini. Ovaj vod odvodi signal-inicijalni impuls na površini ka bušotinskim vodovima koji izlaze iz bušotina.

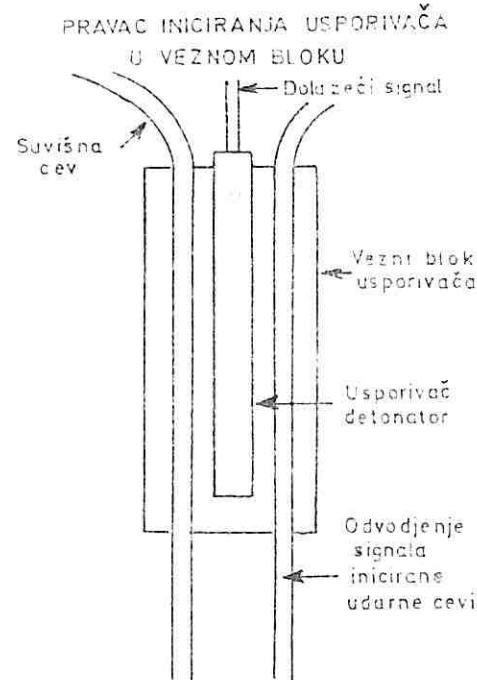


Sl. 3 – Kobra spojnica za povezivanje Exel cevi i detoniranju štapina.

Najbolja zaštita od otkazivanja detonacije je formiranje zatvorenog detonacionog kola na površini, kojim se obezbeđuje, da ukoliko dođe do otkazivanja, odnosno prekida detonacije iz jednog pravca, može da se inicira minsko serija iz drugog ili više drugih pravaca. Zatvoreno detonaciono kolo može biti jednostruko i višestruko. Kod otvorenog detonacionog kola može doći do otkazivanja pojedinih bušotina, grupe bušotina ili većine bušotina.

Posle spuštanja svake Exel udarne cevi sa detonatorom i pojačivačem ili udarnom patronom na dno bušotine, potrebno je na površini, pričvrstiti cev za komad stene ili kolac. Na taj način sprečava se pad cevi u buštinu i stvaranje omči na cevi unutar bušotine.

Pri povezivanju mreže Exel cevi na površini počinje se sa poslednjom bušotinom i kreće se napred prema prvoj bušotini. Istovremeno se lagano zatežu Exel cevi. Povezivanje se izvodi po ranije izrađenom programu, po tačno utvrđenom redosledu. Od posebnog značaja je pravilno postavljanje bloka za spajanje u odnosu na dovodni i odvodni inicijalni impuls-signal. Ovakvim postupkom povezivanja izbećiće se greške koje bi mogle dovesti do otkazivanje detonacije. Na svaki blok za spajanje-vezni blok treba sipati bar po jednu punu lopatu sitnog peska ili bušače prašnine. Ovo ukazuje i upozorava učesnike u pripremi minske serije i povezivanju, koji su blokovi povezani. Pored toga time se reduciraju zvučni efekti i sprečava razletanje šrapnela detonatora i eventualno oštećenje Exel cevi.



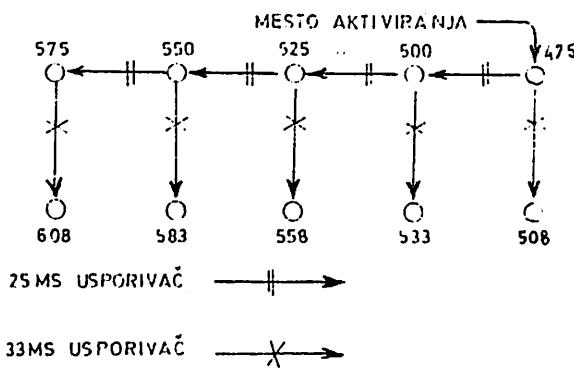
Sl. 4 – Blok za spajanje Exel cevi-vezni blok za prenos i usporenenje detonacije između susednih bušotina.

Kroz blok za spajanje cevi može se provući osam Exel udarnih cevi.

Exel sistem iniciranja ima široku primenu i može se primeniti pri izvođenju miniranja po raznim metodama.

U Velikoj Britaniji pri miniranju na površinskim kopovima često je u primeni raspored bušotina i intervala usporenja i redosled rušenja prikazan na sl. 5. U svim bušotinama Exel cevi imaju vremenske detonatore sa usporenjem od 475 milisekundi, posta-

vijene na dnu bušotina. U oba reda između bušotina usporenje iznosi 25 milisekundi, a između redova 33 milisekunde. Po ovoj metodi miniranja svaka bušotina se inicira svojim sopstvenim intervalom. Time se postiže optimalna granulacija izminiranog materijala. Detonaciono kolo nije zatvoreno, međutim s obzirom na plan miniranja, otkazivanja detonacije su skoro isključene.



Sl. 5 – Dvoredno miniranje sa unutrašnjim bušotinskim i spoljašnjim površinskim usporenjima.

Pri miniranju useka na kopovima, kanala i sl. primenjuje se zmijasti redosled aktiviranja u minskom polju (sl. 6.). Bušotine se raspoređuju u više redova sa malim brojem bušotina u redu. Usporava se posle svakog trećeg reda bušotina. Detonaciono kolo nije zatvoreno. Otkazivanja nisu sasvim isključena. Otvaranje svakog novog reda počinje sa suprotnog ugla.

Prednosti primene Exel sistema neelektričnog iniciranja i sigurnost primene

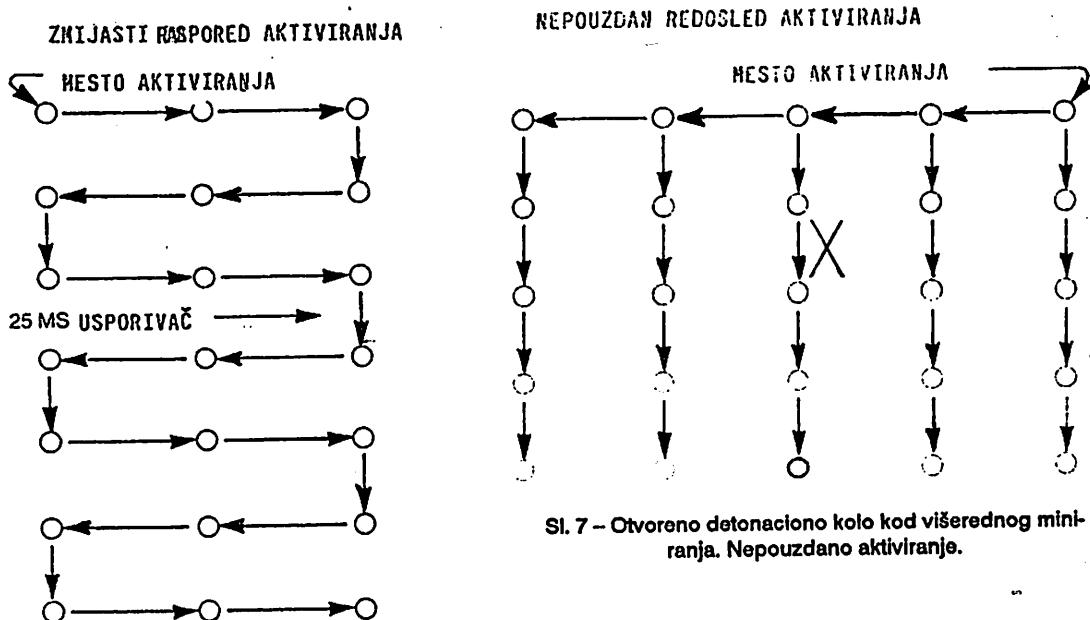
Exel sistem iniciranja ima višestruku prednost nad ostalim sistemima iniciranja eksplozivnih punjenja.

Nelektrični sistemi iniciranja u većini slučajeva mogu uspešno da zamene sva sredstva za iniciranje pri miniranju na površini i pod zemljom, osim sredstava za iniciranje u rudnicima sa pojavama metana i eksplozivne prašine.

Osnovni razlozi za zamenu električnih sredstava za iniciranje nelektričnim sredstvima su ekonomski, praktični i sigurnosni razlozi.

Značajnije prednosti Exel sistema neelektričnog iniciranja prema ostalim sistemima iniciranja su sledeće:

- veća sigurnost u proizvodnji i primeni,
- isključenost bočnog iniciranja i destrukcije eksplozivnog punjenja u bušotinama, što se događa pri upotrebi standardnog detonirajućeg štapina, što dovodi do smanjenja efekata detonacije i rušenja,
- ne inicira direktno nijedan tip eksploziva i eksplozivne smeše,
- ima visoku funkcionalnu pouzdanost i preciznost, što je od posebnog značaja kod masovnih miniranja i rušenja,
- doprinosi tačnjim i boljim rezultatima miniranja,
- može se primeniti u svim vremenskim uslovima,
- povezivanje Exel cevi i detonatora na hladnom vremenu može se izvoditi bez smanjenja pouzdanosti veza,
- može se primeniti na visokim i niskim temperaturama u odnosu na ostala sredstva za iniciranje (efikasan na temperaturama od -40°C do $+70^{\circ}\text{C}$),
- plastične cevi su otporne na temperaturu od $+80^{\circ}\text{C}$ koji imaju neki emulzioni eksplozivi pri usipavanju u bušotine,
- veoma je otporan na ulje pri miniranju sa ANFO eksplozivnim smešama,
- sistem nije osetljiv na primenu u bušotinama i drugim minskim prostorima ispunjenim vodom i u vlažnim sredinama,
- neosetljiv je na udar, pritisak, trenje, vatru-otvoreni plamen, ultravioletne zrake i jako sunce,
- plastične Exel ekstrudirane cevi kao provodnici detonacionog impulsa su veoma otporne na abraziju, prekide i sl. u grubim terenskim uslovima i u bušotinama sa oštrim i hraptavim ivicama i zidovima. Cevi imaju veliku tvrdoću, žilavost i elastičnost i veliku čvrstoću na istezanje. Pri upotrebi se ne lome, ne prskaju i nema pojave distorzije.
- Exel udarne cevi imaju četiri puta veću jačinu na istezanje i četiri puta veći otpor na abraziju od bilo kojih drugih alternativnih cevi,
- sistem je imun na statički elektricitet, atmosfersko električno pražnjenje, lutajuće struje, baterije sigurnosnih svetiljki, radio signale aviona u niskom letu, radio-frekventne struje, mobilne radio veze, radare i pomorske radare, zemljin potencijal u neposrednoj blizini vodova visokog napona-dalekovoda, trafostanice, strane električne struje i druge impulse-odnosno uopšte nije osetljiv na električne impulse,
- primenom Exel sistema iniciranja nema potrebe za uzemljenjem i kontrolom otpora mreže paljenja kao kod električnog iniciranja,



Sl. 6 – Aktiviranje minske serije zmiјastim redosledom.

- zvučni efekti na površini su praktično beznačajni, prigušeni su, što je značajno pri izvođenju miniranja u blizini naselja,
- obim miniranja, odnosno broj minskih punjenja nije ograničen kapacitetom mašine za paljenje mina,
- moguća je primena usporena samo na površini, samo u buštinama i kombinovano-oba usporenja, kao i iniciranje razdvojenih eksplozivnih punjenja sa usporenjima,
- Iniciranje samih cevi bez eksplozivnih punjenja u minskim prostorima, ne može porazvoditi nikakve štete ili ozlede,
- priprema minskog polja-povezivanje Exel cevi i vremenskih detonatora je jednostavnija, postupak traje vremenski kraće u odnosu na konvencionalne sisteme iniciranja i predstavlja pouzdan sistem iniciranja,
- Exel sistem neelektričnog iniciranja može da se primeni i u sklopu centralnog iniciranja više minskih serija u podzemnim rudnicima,

- plastične cevi se pri odmotavanju sa kalemova i svežnjeva i pri upotrebi na terenu ne mrse, tako da je povezivanje brzo i tačno,
- realni efektivni troškovi iniciranja su niži u odnosu na druge sisteme iniciranja.

Kontinuiranost eksplozivnog punjenja u cevima mora biti strogo kontrolisana u samom proizvodnom procesu, jer je vizuelna kontrola na terenu nepouzdana, a druga kontrola je nemoguća. Proizvod mora imati najviši kvalitet.

Pose aktiviranja minskog polja, u izmijiranoj rudi ili steni, ostaju plastične cevi, koje zagađuju rudu. Pri preradi rude, u izvesnim slučajevima, a u zavisnosti od vrste rude – to može da predstavlja problem.

Zaključak

Exel sistem iniciranja predstavlja novu verziju sistema neelektričnog iniciranja za izvođenje miniranja na površini i u podzemnim radovima. Sistem je lamen na sve strane električne struje, jednostavan je i dobija sve širo primenu. Kombinacijom vremenskih detonatora na površini i u buštinama mogu se izvesti razne metode miniranja, bez bojazni da će eksplozivna punjenja detonirati van planirane sekvene.

SUMMARY

Exel Shock Signal Tubes Nonelectric Initiating System

In this work is considered the following matter:

- Main characteristic of Exel system-general consideration,
- Shock tube technology,
- Initiation and firing, delay systems: short delay series and in hole delay series,
- Application, procedural recommendations and connecting up,
- The benefits of using shock tube and
- Conclusion.

Literatura

1. All-weather Exel chock tube initiating systems. ICI explosives Stevenston, Ayrshire, Scotland, 1991.
2. The Photodet solution, „Now”, ICI explosives, Stevenston, Ayrshire, Scotland, Jan. 1989.
3. Shock tube technology comes of age. „Downline”, „Now”, Issue No 12, Febr. 1990.
4. Exel shock tube initiating system a U.K. field assessment. „Downline”, ICI-Explosives group, Technical centre, 13 July 1990.
5. „Exel”-nonelectric shock tubing. ICI, Atlas Powder Co. 1991

TEHNO-EKONOMSKA OCENA MOGUĆNOSTI EKSPLOATACIJE PODINSKE UGLJENE SERIJE RUDNIKA LIGNITA SUVODOL

Dragana Životić – Nenad Makar – Kostadin Popović –
Milanka Stevanović

Rezime

Podinska ugljena serija u Suvodolu sadrži $39,9 \times 10^6$ t lignita niske kalorične moći raspoređenih u dva sloja, pri čemu je prvi podinski sloj tanak, a glavni podinski je osnovni nosilac rezervi. Glavni podinski sloj je izrazito raslojen. U I-ograničenju ove serije sadržano je $7,16 \times 10^6$ t uglja s prosečnim sadržajem pepela 23,8% i prosečnim donjim topotnim efektom 5,9 MJ/kg.

Probnim sagorevanjem u termoelektrani utvrđeno je da ovaj ugalj nije podesan za koršćenje u sadašnjim postrojenjima.

Iskop uglja i jalovine dinamički je moguće uskladiti sa otkopavanjem glavnog ugljenog sloja u površinskom kopu Suvodol. Za podinsku seriju u I-ograničenju predviđen je rad s diskontinualnom mehanizacijom, s obzirom na kratak period eksploatacije i prirodne uslove u ležištu.

Eksploatacija uglja iz I-ograničenja podinske serije je nerentabilna ali se uključivanjem ukupnih rezervi uglja, sada još nedovoljno istraženih, mogu očekivati povoljnija tehnička rešenja i bolji finansijski rezultati.

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnom projektu „Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine“.

Geološki deo

Površinski kop Suvodol nalazi se 19 km istočno od Bitolja i zahvata istočni obod Pelagonijske kotline. Prostor koji je obuhvaćen I-ograničenjem zahvata severni i severozapani deo podinske serije.

U okviru ovog ograničenja nalazi se 12 bušotina, od kojih je 6 izbušeno u periodu 1985–1986., a preostalih 6 urađeno je tokom 1990. godine.

Najstarije tvorevine u ležištu Suvodol čine prekambrijumski gnejsevi, graniti, mikašisti i paleozojski kvarc – grafitični škriljci. Na severu posmatranog ograničenja gnejsevi gotovo izlaze na površinu, stvarajući na taj način greben koji je uslovio morfološki oblik podinske ugljene serije.

Transgresivno preko gnejseva i škriljaca leži produktivna neogena serija. Starost čitave neogene ugljonošne serije određena je kao gornjopliocenska. Najstariji član ove serije su podinski peskovi i gline.

Glavni podinski i prvi podinski sloj, zajedno sa jalovinom između njih, čine podinsku ugljenu seriju. Karakteristika čitave podinske serije je prisustvo velikog broja uglijenih slojeva u centralnom, zapadnom i istočnom delu posmatranog prostora. Neposredno preko podinskih peskova i gline nalazi se glavni podinski ugleni sloj, koji se raslojava na nekoliko bankova različite debeline, između kojih se nalaze proslojci peskova, gline i uglevitih gline.

Krovina glavnog podinskog sloja ima centriklinalni pad, pri čemu se njihove apsolutne kote kreću od 472,8 – 544,7 m. Na krajnjem severu jasno se uočava greben koji je posledica reljefa dna neognog basena.

Podina glavnog uglenog sloja takođe ima centriklinalni pad, ali je strmija u odnosu na krovinu. Na krajnjem severu posmatranog prostora glavni podinski sloj iskljinjava. Idući od severa, gde je ovaj sloj kompaktan, ka jugu glavni podinski sloj se raslojava na nekoliko bankova različite debeline, što je uslovilo povećanje debeline uglenog sloja od 0,9 m do oko 27 m. Debeline ugla glavnog podinskog sloja se kreću od 0,9 m na severu do 24,5 m u centru i

zapadu. Od centra ka jugu, debeljina ugla se smanjuje. Prosječna vrednost debeljina ugla iznosi 12,4 m.

Pod terminom ugaj podrazumeva se ugaj preko 0,3 m debeline i jalovina u ugljenom sloju do 0,3 m debeline. Proslojci ugla koji su tanji od 0,3 m debeline, kao i proslojci jalovine debeline preko 0,3 m svrstani su u selektivnu jalovinu. Kumulativna debeljina selektivne jalovine kreće se od 1,0 m do preko 14 m.

Ukupne rezerve sloja glavnog podinskog sloja I-ograničenja iznose 6,527.974 m³, a ukupne rezerve ugla iznose 6,111.811 t.

S obzirom da su slojevi u stanju prirodne maksimalne vodozasićenosti sadržaj vlage pojedinačnih proba ugla iz bušotina preračunavan je na sadržaj realne vlage u ležištu, a ostali parametri kvaliteta dovedeni u korespondentnu vezu.

Prosječna vrednost ponderisanog sadržaja vlage ugla glavnog podinskog sloja (tablica 1) iznosi 44,91%, a sadržaja pepela 24,46%. Što se tiče donjeg toplotnog efekta, njegove vrednosti se kreću od 4.275 kJ/kg do 7.161 kJ/kg, dok prosečna vrednost iznosi 5.670 kJ/kg.

Krovina glavnog podinskog sloja, a samim tim i podinu prvog podinskog sloja, čine peskovi, peskovite gline i gline. Debeline ovih sedimenata kreće se od oko 8 m u zapadnom i oko 9 m u severnom delu I-ograničenja do 49 m u istočnom delu ležišta, dok prosečna vrednost iznosi 28,5 m.

Preko peskova, peskovitih gline i gline leži prvi podinski ugleni sloj, koji sa glavnim podinskim slojem čini podinsku ugljenu seriju. Ovaj sloj je znatno tanji i užeg rasprostranjenja u odnosu na glavni podinski sloj.

U severnom delu ležišta sloj pada od severa ka jugu pod uglom od oko 10°, da bi posle oko 200 m zaokrenuo ka zapadu sa subhorizontalnim padom.

Debeljina sloja je ujednačena u severnom i centralnom delu polja, dok u jugozapadnom delu raste, što je posledica raslojavanja ugla i pojave dva proslojka peska u uglju debeline od 1,1 – 1,5 m. Debeline ugla prvog podinskog sloja kreće se od 0,8 – 3,3 m, a prosečna debeljina iznosi 2 m.

Kvalitativne karakteristike ugla po slojevima

Tablica 1

	Glavni podinski sloj			Prvi podinski sloj		
	Vлага (%)	Pepeo (%)	DTE (kJ/kg)	Vлага (%)	Pepeo (%)	DTE (kJ/kg)
Minimum	39,62	18,74	4.275	42,80	10,65	5.424
Maksimum	48,50	32,10	7.161	53,57	27,47	7.809
Srednja vrednost	44,91	24,46	5.670	49,31	17,35	6.668

Ukupne rezerve sloja prvog podinskog sloja u posmatranom ograničenju iznose 511.950 m^3 , a ukupne rezerve uglja iznose 577.978 t .

Sadržaj vilage varira od $42,83\text{--}53,57\%$, a njena prosečna vrednost iznosi $49,31\%$ (Tablica 1). Prosečna vrednost sadržaja pepela uglja ovog sloja iznosi $17,35\%$, a prosečna vrednost DTE-a iznosi oko 6.668 kJ/kg .

Srednja vrednost DTE za prvi podinski sloj I-ograničenja procenjena je na 6.680 kJ/kg .

Probnim sagorevanjem uglja podinske serije u postojećoj termoelektrani utvrđena je vrednost DTE od 6.059 kJ/kg , a srednja ponderisana vrednost ovog parametra za ugaj podinske serije I-ograničenja procenjena na 5.958 kJ/kg . Kako se podaci probnog sagorevanja uglja u termoelektrani uzimaju kao egzaktni, razlika između procenjene i egzaktne vrednosti sadržaja DTE za I-ograničenje podinske serije iznosi 101 kJ/kg , odnosno $24,12 \text{ kcal/kg}$.

Rudarsko-tehnološki deo

Za zadato prvo ograničenje podinske serije na PK Suvodol, koja se nalazi na prostoru između unutrašnjeg odlagališta i otkopnog fronta na uglju, urađena je dinamika eksploatacije za period od 5 godina.

Za navedeni period eksploatacije podinske serije izvršen je izbor opreme i usvojena je diskontinualna mehanizacija za otkopavanje i transport otkrivke, koja je jeftinija i koja se, po potrebi, može i iznajmiti. Za otkopavanje ugljene serije usvojen je savremeni površinski kombajn koji, u datim uslovima, jedini može ispuniti određene zahteve.

Na kraći period eksploatacije uticali su gubitak smeštajnog prostora na unutrašnjem odlagalištu glavnog kopa, što kraći izlazak sistema van konture kopa, kao i dinamika otkopavanja glavnog ugljenog sloja.

Da bi se izvadile eksploatacione rezerve uglja u I-ograničenju podinske serije potrebno je otkopati:

– direktna otkrivka	$3.714.315 \text{ m}^3 \text{ čm}$
– međuslojna jalovina	$7.835.371 \text{ m}^3 \text{ čm}$
– interslojna jalovina	$1.251.537 \text{ m}^3 \text{ čm}$
Ukupno:	$12.801.223 \text{ m}^3 \text{ čm}$

U navedenoj zoni će se otkopati i izvesti $5.478.681$ tona uglja. Koeficijent otkrivke u podinskoj seriji iznosi $K_0 = 2,34$. Otkopavanje podinske serije trajeće 5 godina sa godišnjom proizvodnjom od oko $1,1 \times 10^6$ tona uglja.

U prvoj fazi rada otkrivka će se odvoziti na unutrašnje odlagalište glavnog kopa, a u drugoj fazi – posle druge godine eksploatacije – na sopstveno unutrašnje odlagalište.

Na otkopavanju otkrivke i međuslojne jalovine angažovaće se 6 bagera kašikara zapremine kašike $5,0 \text{ m}^3$, sa godišnjom proizvodnjom od po $500.000 \text{ m}^3 \text{ čm}$.

Za otkopavanje interslojne jalovine i ugljenih slojeva predviđen je rad površinskog kombajna kapaciteta na uglju od $400 \text{ m}^3/\text{h}$, odnosno $1.400.000 \text{ m}^3 \text{ godišnje}$.

Površinski kombajn je usvojen zbog izrazite raslojenosti ugljenih slojeva, te jedino ovakva mašina može da postigne potrebnu selektivnost u radu (sa preciznošću od nekoliko centimetara).

Ovakav način rada je posebno značajan sa aspekta toplotne vrednosti uglja koji se time održava u potrebnim granicama za plasman.

Za transport uglja i jalovine predviđeni su kamioni zapremine sanduka od 30 m^3 . Potrebno je 30 kamiona.

Jalovina se odlaže kamionima i buldozerima, pri čemu se u prvoj fazi rada koriste već postojeća visinska i dubinska etaža unutrašnjeg odlagališta glavnog kopa.

Ukoliko dođe do eksploatacije podinske serije glavni problem će biti sмеštajni prostor za unutrašnje odlagalište glavnog kopa koji se gubi u zoni otkopavanja. Potrebno je iznaći, u periodu od oko 2,5 godine, novi prostor za odlaganje van konture kopa, dok se ne stvore ponovo uslovi za njegov povratak na unutrašnje odlagalište.

Data diskontinualna tehnologija otkopavanja urađena je za I-ograničenje podinske serije, odnosno za vek eksploatacije od 5 godina. Proširenjem ograničenja i produžetkom veka eksploatacije racionalno je uvesti kontinualan rad, odnosno dva nova BTO sistema čiji je proizvodni efekat daleko veći. Oni bi radili na otkopavanju i odlaganju otkrivke i međuslojne i međuslojne jalovine, dok bi na uglju ostao površinski kombajn u sklopu BTO sistema.

Ekonomsko-finansijska analiza

Ulaganja

Predračunska vrednost ulaganja u eksploataciju podinske ugljene serije definisana je u rudarskom delu elaborata po cenama iz novembra 1991. godine. U strukturi ulaganja učestvuju:

Tablica 2

	Iznos u DEM	Učešće %
– Građevinski radovi	536	1,74
– Domaća oprema	2.210	7,17
– Uvozna oprema	23.640	76,72
– Osnivačka ulaganja	1.000	3,25
– Obrtna sredstva	3.428	11,12
Svega:	30.814	100,00

Izvori finansiranja

U konstrukciji finansiranja javljaju se sledeća sredstva:

- Sopstvena sredstva, u visini 15% od predračunske vrednosti ulaganja
- inokredit, u visini 85% od predračunske vrednosti, sa rokom otplate 1 godina po tranšama i kamatnom stopom od 10%.

Obračun troškova finansiranja

Troškovi proizvodnje sistematizovani su u sledeće osnovne vrste: troškovi sredstava, troškovi materijala, troškovi rada, zajednička potrošnja i ostali troškovi.

Troškovi sredstava su svi oni troškovi čiju osnovicu za obračun čini nabavna vrednost osnovnih sredstava i to: amortizacija, održavanje, osiguranje i obaveze po kreditima.

Materijalni troškovi sastoje se iz normiranih materijalnih troškova i ostalih materijalnih troškova. Normirani materijalni troškovi obračunati su na osnovu normativa iz rudarskog dela elaborata i važećih tržišnih cena. Ostali materijalni troškovi obračunati su u visini 25% od direktnih materijalnih troškova.

Troškovi rada obračunati su na osnovu specifikacije potrebnog broja radnika i parametara ličnih dohodaka.

Ukupan prihod

Ukupan prihod je obračunat na osnovu važeće prodajne cene uglja, presečne donje toplotne vred-

nosti uglja od 5.958 kJ/kg i projektovane godišnje proizvodnje uglja. Na osnovu datih ulaznih parametara u tablici koja sledi daje se obračun ukupnog prihoda.

Zaključak

Ukupne rezerve uglja i ograničenja podinske serije rudnika Suvodol iznosi 7.159.874 t, pri čemu u I podinskom sloju 658.555 t, a u glavnog podinskom sloju 6.537.226 t.

Raspodela ovih rezervi po kategorijama iznosi:

A	kategorija	2.147.051 t
B	kategorija	3.947.934 t
C ₁	kategorija	1.100.796 t

Ugalj iz podinske serije je lignitskog tipa, kao i iz glavnog sloja koji se sada otkopava ali sa više pepela u uglju (prosečno 23,84%) i nižom prosečnom toplotnom vrednošću (DTE 5.958 kJ/kg).

Probnim sagorevanjem industrijske probe uglja u količini od 6.000 tona, iskopane u I podinskom sloju konstatovano je da, u izgrađenim termoelektranama, ovaj ugalj nije podesan za korišćenje zbog visoke lepljivosti u transportnom sistemu, izrazite abrazivnosti u mlinovima, niske kalorične moći, visokog sadržaja pepela, teškog paljenja i nestabilnog režima sagorevanja. Režim sagorevanja stabilizuje se dodavanjem mazuta.

Iskopavanje i transport uglja iz podinske serije može se dinamički uskladiti s otkopavanjem glavnog ugaljenog sloja. Zbog izrazite raslojenosti glavnog podinskog sloja i male debeline I podinskog sloja koncipirana je primena diskontinualne mehanizacije u otkopavanju i to bagera kašikara na jalovini i površinskog kombajna na uglju. Transport jalovine i uglja je kamionski. Otkopava se 5.478.680 tona uglja i 12.801.220 m³ jalovine.

Odlaganje jalovine iz podinske serije je u prvoj fazi na unutrašnje odlagalište sadašnjeg površinskog kopa, a u drugoj fazi rada u iskopani prostor podinske serije.

U sadašnjem unutrašnjem odlagalištu površinskog kopa nedostaje prostor za smeštaj 10 x 10⁶ cm³ jalovine iz podinske serije i za ovu količinu treba predviđeti transport na spoljašnje odlagalište sadašnjeg kopa. Otkopavanjem podinske serije nulti BTO sistem mora izaći izvan unutrašnjeg odlagališta u trajanju od 2,5 godine.

Nakon obračuna troškova proizvodnje i njihovim upoređenjem sa prihodom nameće se zaključak

Prihod i troškovi po toni

Tablica 4

Godina	Prihod din/tona	Troškov din/tona	Razlika din/tona
I	226,40	860,33	633,93
II	226,40	1951,72	1725,32
III	226,40	694,55	468,15
IV	226,40	732,89	506,49
V	226,40	760,99	534,59
Prosečno godišnje	226,40	960,52	734,12

da je експлоатација подинске угљене серије површинског копа Suvodol нерентабилна. Наиме, трошкови производње у периоду експлоатације значајно премашују приход од угља што се види из табlice:

На основу изложеног generalni zaključak економске анализе је да је експлоатација подинске угљене серије површинског копа Suvodol, нерентабилна, а самим тим и да су улагања економски неоправдана. Напомиње се да се овде ради о ограничењу и да би се обухватanjem ukupnih rezervi ostvarili bolji rezultati.

SUMMARY

Feasibility Study of the Possibility of Mine Suvodol Foot-Wall Coal Series Mining

Foot-wall coal series in Suvodol contains 39.9×10^8 t of low heating value lignite distributed in two seams, where the 1st foot-wall seam is a thin one, while the main foot-wall seam is the basic reserves carrier. The main coal seam is distinctly stratified. The 1st contour of this series contains 7.16×10^6 t of coal with an average ash content of 23.8% and average net heating value of 5.9 MJ/kg.

Experimental combustion in a thermal electric power generating plant proved that this coal is unsuitable for use in current plants.

Excavation of coal and waste may be dynamically coordinated with=main coal seam mining in Openpit Mine Suvodol. For the foot-wall series in 1st contour discontinuous mechanization is designed due to the short mining period and natural conditions in the deposit.

Coal mining from the foot-wall series 1st contour is unprofitable, but taking into consideration overall coal reserves still unsufficiently explored, more favorable technical solutions and improved financial results may be expected.

Literatura

1. Veljovski S. 1990: Elaborat za geološki rudni rezervi na jaglen vo ograničeniot prostor na podinske sloevi na ležišteto Suvodol - Bitola so sastojba na 26.08.1990. god. Fond Rudnika Suvodol, Bitola.
2. Grupa autora 1991: Elaborat od eksperimentalno izgoruvanje na lignit od podinska serija na PE – Rudnik Suvodol, Fond Rudnika Suvodol, Bitola.
3. Simić M. 1992: Tehnoekonomска оцена експлоатације подинске серије PK Suvodol, I ograničenje. Fond Rudarskog instituta, Zemun.
4. Ćirić D. 1987: Tehnoekonomска студија о могућности експлоатације подинске угљене серије на постојећем PK Suvodol, Knjiga I: – Tekst. Fond Rudarskog instituta, Zemun.

OSTVARENI REZULTATI PRI IZBORU VISINA OTKOPAVANJA BLOKA KORIŠĆENJEM DOZVOLJENOG PODRUČJA RADA ROTORNOG BAGERA

Dragoljub Ćirić
(sa 6 slika)

Rezime

Za definisanu moćnost otkrivke na konkretnom površinskom kopu i izabrana četiri rotorna bagera određena je optimalna visina bloka, odnosno, etaže preko dozvoljenog područja rada bagera.

Uvod

Nakon utvrđivanja geoloških, geotehničkih i geometrijskih parametara ležišta, proizvodnih zahteva i vrste opreme, za otkopavanje određenog lokaliteta za površinsku eksploataciju uglja, prvi korak je definisanje dozvoljenog područja rada bagera (DPRB).

Na bazi DPRB-a za utvrđene rudarsko-geološke uslove ležišta vrši se izbor relevantnih geometrijskih parametara bloka, visine bloka i uglova nagiba kosina, koji se mogu ostvariti razmatranim rotornim bagerom. Izborom visine bloka i ugla nagiba kosina pomoću definisanog DPRB-a osigurava se racionalno iskorišćenje kapaciteta bagera i maksimalno bezbedan rad bagera, odnosno, da ne dođe do ugrožavanja rada bagera usled potkopavanja kosina.

Racionalno iskorišćenje kapaciteta bagera postiže se tako što se na osnovu izabrane visine bloka i uglova nagiba kosina definišu ostali geometrijski parametri bloka (širina bloka, dubina bloka i drugi). Eliminisanje ugrožavanja bagera usled potkopavanja kosina ostvaruje se na taj način što se za izabrane geometrijske parametre bloka u DPRB-a računavaju uglovi kružnog kretanja katarke radnog točka (na svakoj podetaži) i sa tim uglovima formira nagib bočne kosine, koji odgovara izabranom uglu nagiba kosine.

Dozvoljeno područje rada bagera

Dozvoljeno područje rada bagera predstavlja područje rada u kojem bager može formirati bočnu

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnem projektu „Usavršavanje postojećih i osvajanje novih tehnoloških procesa sa kontinuiranim radom na površinskim kopovima“.

kosinu bloka, pri određenoj visini, koja ne ugrožava bezbedan rad bagera.

Postupak za definisanje DPR* zasniva se na konstruisanju krive promene graničnog ugla nagiba bočne kosine (minimalnog nagiba) koju bager može ostvariti sa aspekta svojih geometrijskih parametara i krive promene dozvoljenog ugla nagiba bočne kosine sa geomehaničkog aspekta, a za različite visine bloka.

Dozvoljeno područje rada bagera određeno je presekom krivih α_{bgr} i α_{bdoz} i označeno šrafurom na slikama 2, 3, 4 i 5.

Kriva promene dozvoljenog ugla nagiba bočne kosine α_{bdoz} , za različite visine bloka H, odnosno, osovine radnog točka u prvoj (gornjoj) podetaži h_{rg} , u zavisnosti od geomehaničkih parametara materijala koji se otkopava konstruiše se na osnovu dobijenih podataka o dozvoljenom nagibu bočne kosine, pri određenom faktoru sigurnosti.

Na osnovu geomehaničkih istraživanja i dobijenih rezultata za razmatrano otkopno polje prikazane su vrednosti dozvoljenih uglova bočnih kosina za

različite visine kosina (u tablici br. 1), pri otkopavanju sive gline i žute gline.

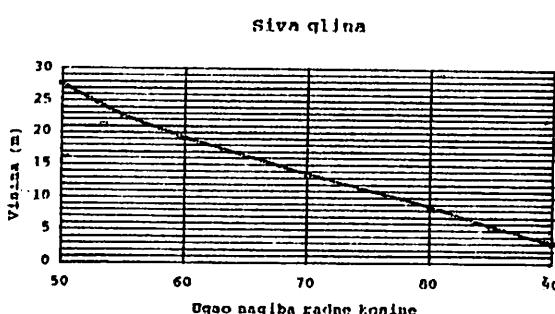
Krive promene dozvoljenog ugla nagiba bočne kosine α_{bdoz} sive gline i žute gline za faktor sigurnosti F = 1,1 date su na slici 1.

Za konstrukciju krive promene graničnog ugla nagiba bočne kosine α_{bgr} za različite visine bloka (koja je u funkciji geometrijskih parametara bagera) potrebno je prethodno utvrditi geometrijske parametre bagera i to:

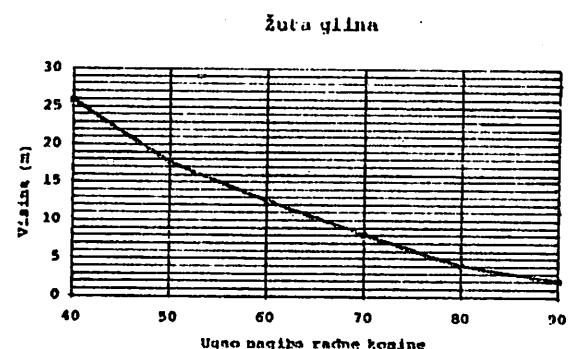
- dužina katarke radnog točka (L_k)
- prečnik radnog točka (D)
- visina tačke vešanja katarke radnog točka (Y)
- rastojanje tačke vešanja katarke radnog točka od vertikalne ose bagera (e)
- uglovi slobodnog reza (levi i desni) φ_{grl} , φ_{grd}

Odlučujući tehnički parametar rotornog bagera, odnosno, njegova geometrijska vrednost koja utiče na visinski domet „H“, radijus kopanja R_k i ugao nagiba bočne kosine α_b jeste dužina katarke radnog točka L_k. Ostali uticajni geometrijski parametri bagera na granične uglove nagiba kosina, bočne α_b i čeone

a)



b)



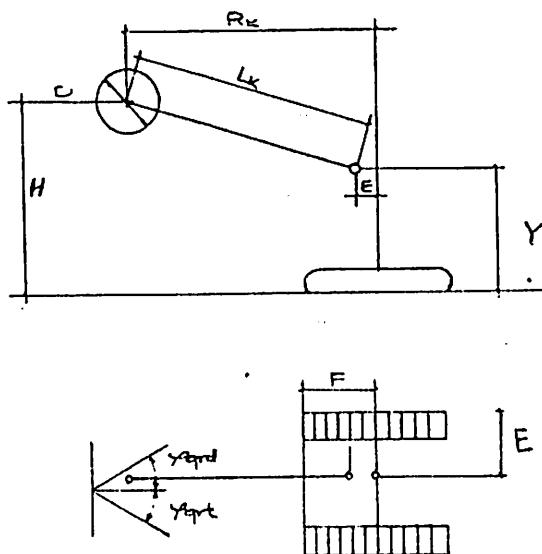
Sl. 1 – Kriva promene dozvoljenog ugla nagiba bočne kosine
a. za sivu glinu, b. za žutu glinu

Dozvoljene vrednosti uglova bočnih kosina za rad bagera

Tablica 1.

Vrste materijala	Visine kopanja (m)												
	2	3	4	5,5	8	8,5	12,5	13,5	17,5	19	22,5	25,8	27,5
Siva gлина (sg)						90°		85°	80°	70°	60°	55°	50°
Žuta gлина (žg.)	90°					80°		70°	60°	50°		40°	

* Postupak za definisanje DPRB je autorski rad Dr D. Ćirića



Sl. 2 – Šema tehnološkog modela bagera

α_{bgrl} prikazani su na tehnološkom modelu rotornog bagera datom na sl. 2.

(Geometrijski parametri na šemi tehnološkog modela označeni sa E i F odnose se na granični ugao nagiba čeone kosine α_{bgrl} pri kojem je dubina bloka D_b = 0).

Geometrijski parametri rotornog bagera, za definisanje dozvoljenog područja rada, koji su uzeti u razmatranje grupisani su u četiri varijante i dati u tablici br. 2.

Varijante geometrijskih parametara bagera Tablica 2

Geometrijski parametri bagera	VARIJANTE			
	Prva	Druga	Treća	Četvrta
D(m)	11	9,0	8,2	6,7
L _k (m)	41	34,0	35	30
e (m)	3,0	2,0	1,5	1,0
y (m)	12,6	12,0	10,9	6,85
grd (°)	30	48	42	45
grl (°)	38	51	40	48
E (m)	10	11,6	12	7,5
F (m)	16,2	10	11,5	6,0

Maksimalne vrednosti kosina i uglova 4 varijante

Naziv parametra	VARIJANTE			
	Prva	Druga	Treća	Četvrta
Maksimalna visina kosine (m)	29,3 za (22,2 za) α _{bgrd} (α _{bgrl}) sg	20,8 za (17,3 za) α _{bgrd} (α _{bgrl}) sg	22,0 za (18,7 za) α _{bgrl} (α _{bgrd}) sg	18,2 za (15 za) α _{bgrd} (α _{bgrl}) sg
Ugao nagiba kosine (°)	48 (42)	57 (50)	54 (47)	62 (55)

Za konstrukciju krive promene graničnog ugla nagiba čeone kosine α_{bgrl}, za različite visine kosine, prikazane na slikama 3, 4 i 5, korišćeni su još sledeći parametri:

- rastojanje donje ivice katarkse radnog točka od osovine radnog točka (d = 2,5 – 3 m)
- dozvoljeno rastojanje donje ivice radnog točka od (t = 0,20 – 0,80 m) gornje ivice niže podetaže
- dozvoljeno rastojanje gornje čeone ivice papuča od donje ivice čeone kosine f' = 1,25 – 4 m.

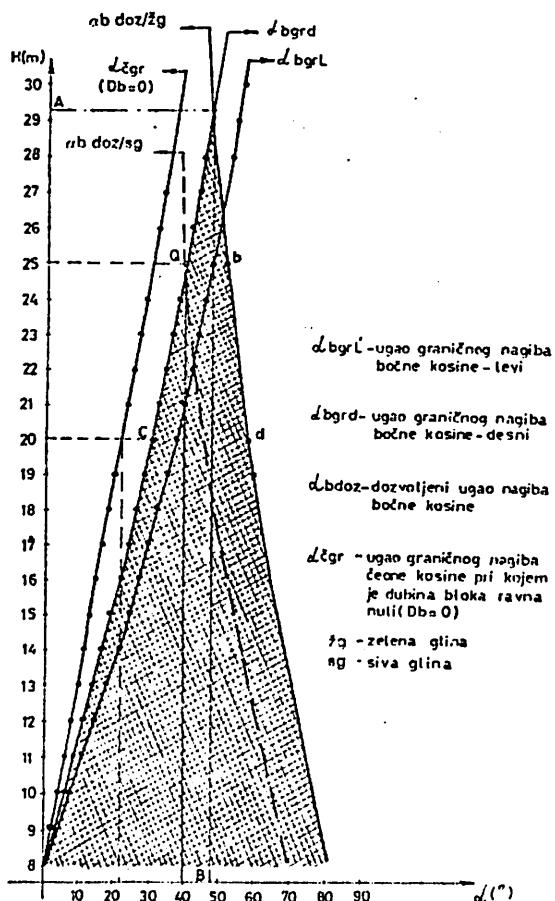
Analizirajući vrednost dozvoljenih uglova nagiba kosina za različite visine u tablici br. 1 nedvosmisleno proizilazi da su za visine kosina preko 20 m uglovi relativno blagi (40°, 50° i 55°), a što uzrokuje da se definisanje dozvoljenog područja rada bagera obradi u više varijanti, čime se omogućava racionalan izbor visine otkopavanja i uglova nagiba kosina.

Na osnovu geomehaničkih parametara datih u tablici br. 1 i geometrijskih parametara bagera datih u tablici br. 2, sačinjeni su grafici dozvoljenih područja rada bagera za četiri varijante i prikazana na slikama br. 3. (prva varijanta) na slici br. 4 (druga) na slici br. 5 (treća) i na slići br. 6 (četvrta varijanta).

Na graficima datim na slikama 3, 4, 5, 6, označeno je sa:

α _{bgrl} α _{bgrd} –	krive promene graničnih uglova nagiba bočnih kosina na levoj i desnoj strani
α _{bdoz} α _{bdoz} –	krive promene dozvoljenih nagiba bočnih kosina za sivu i žutu glinu
α _{bgrl} (D _b = 0) –	kriva promene graničnog ugla nagiba čeone kosine pri kojem je vrednost dubine bloka jednaka null (D _b = 0)
Znak „+“ –	presek krivih α _{bgrl} , α _{bdoz} u kojima se čitavaju visine kosine i uglovi nagiba kosina (α _{bgrl} = α _{bdoz})
Tačka „A“ –	dovoljeno područje rada bagera sa najvećom visinom bloka (kosina)
Tačka „B“ –	granični (minimalni) ugao nagiba bočne kosine, koju bager može ostvariti, pri maksimalnoj dozvoljenog visini kosine

Tablica 3.



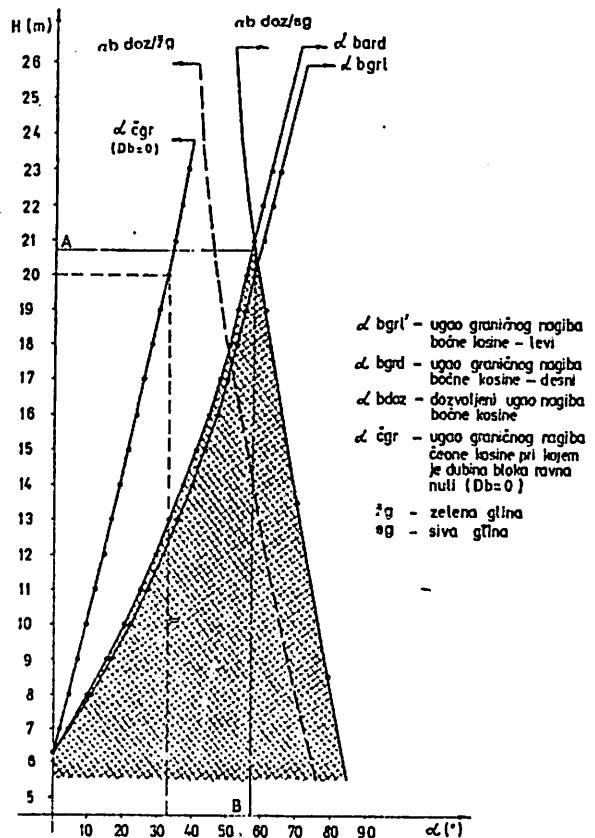
Sl. 3. – Grafik dozvoljenog područja rada bagera

Kako se vidi iz prikazanih grafika maksimalno dozvoljene visine otkopavanja bloka određene su presečima krivih $\alpha_{bgr} = \alpha_{bdoz}$ u kojima je $\alpha_{bgr} = \alpha_{bdoz}$. Za visine kosina, odnosno bloka, manje od maksimalno dozvoljene moguće je vršiti izbor uglova nagiba bočnih kosina između vrednosti α_{bgr} i α_{bdoz} .

Ostvareni rezultati i analiza

Ostvarljive maksimalne vrednosti visine kosina (blokova) i uglova nagiba kosina pri tim visinama za četiri grupe geometrijskih parametara bagera razvrstane su u četiri varijante (odnosno četiri različita tipa bagera) prikazane su sa grafika na slikama 3, 4, 5 i 6 i date u tablici br. 3.

Vrednosti u zagradama date u tablici br. 3 odnose se na minimalne visine kosina i uglova nagiba kosina koje su ostvarljive sa bagerom.

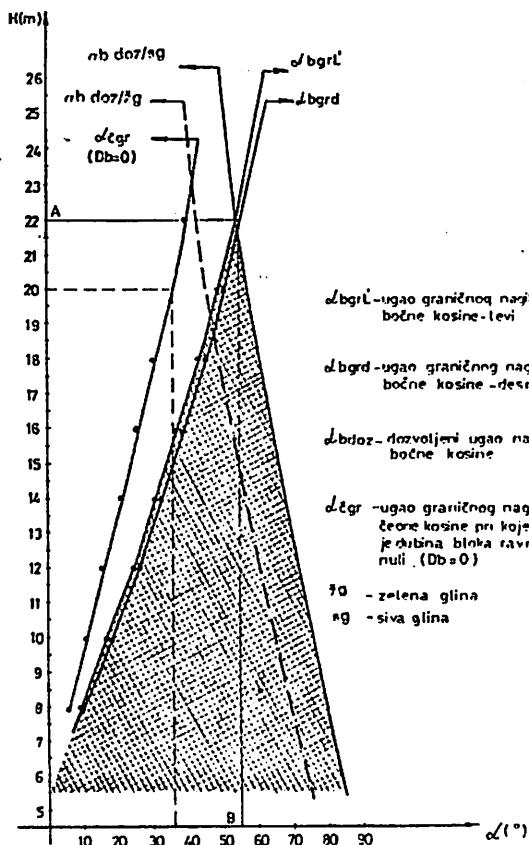


Sl. 4. – Grafik dozvoljenog područja rada bagera

Kako se vidi iz tablice br. 3. najveće visine kosina (H-29,3) i najmanji uglovi nagiba kosina (48°) ostvaruju se u dozvoljenom području rada bagera za prvu varijantu.

Vrednosti graničnih uglova nagiba čeone kosine $\alpha_{čgr}$ (koje se mogu ostvariti, sa razmatranim geometrijskim parametrima bagera), najniže su u području rada bagera prve varijante. Tako na primer za visinu kosine 20 m sa grafika na slikama 2, 3 i 4 od čitave vrednosti i uglova nagiba čeone kosine iznose: za prvu varijantu 22° , drugu 33° i treću 35° , a što znači da su vrednosti dubine bloka, za istu visinu, veće u prvoj varijanti nego u drugoj i trećoj.

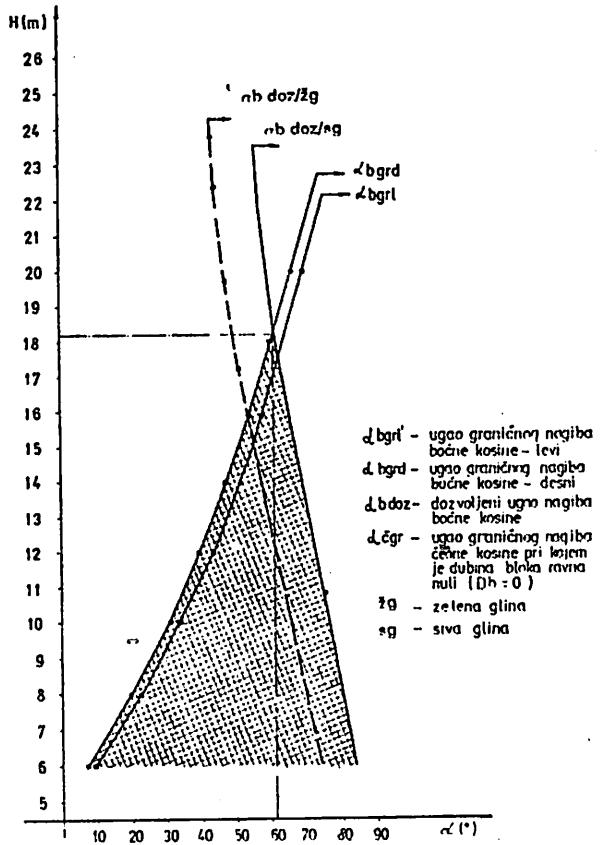
Upoređenjem i analizom napred prikazanih grafika dozvoljenih područja rada bagera proizilazi da se za uslove u razmatranom otkopnom polju najbolje može koristiti dozvoljeno područje rada bagera prve varijante, a što proizilazi iz sledećeg:



Sl. 5. – Grafik dozvoljenog područja rada bagera

– Kod druge, treće i četvrte varijante maksimalne vrednosti visina kosina se kreću za čistu slivu glinu od 18 do 22 m, a za čistu žutu glinu od 15 do 22,2 pri čemu se izbor uglova nagiba bočnih kosina u nekom spektru ne može vršiti radi toga što je pri tim visinama $\alpha_{bgr} = \alpha_{bdoz}$. To znači da se za slučaj otkopavanja materijala heterogenog sastava i smanjenja vrednosti geomehaničkih parametara raznim uticajima (što se sa velikom verovatnoćom očekuje u realnom procesu otkopavanja) moraju visine otkopavanja smanjiti ili vršiti podkopavanje kosina, pošto se sa geometrijskim parametrima bagera ne mogu ostvariti manje vrednosti uglova nagiba bočnih kosina od graničnih.

– Izborom dozvoljenog područja rada bagera prve varijante uticaji faktora rizika ležišta radi geomehaničkih prilika u razmatranom otkopnom polju, se smanjuju zbog toga što geometrijski parametri bagera omogućavaju formiranje blažih uglova nagiba kosina. Pored toga dijapazon izbora uglova nagiba bočnih



Sl. 6. – Grafik dozvoljenog područja rada bagera

kosina je neuporedivo veći nego kod ostalih varijanti. Tako npr. kod visine kosine od 25 m (sl. 5.2.) izbor uglova nagiba bočnih kosina može se vršiti između tačaka „a“ i „b“ odnosno 40° do 52° , a što ima bitan značaj za određivanje širine bloka, a u vezi sa tim i kapacitativnih parametara bloka.

Zaključak

Iz napred izvršenih upoređenja i analiza shvatljivo je da se u razmatranom otkopnom polju realan izbor uglova nagiba kosina može vršiti počev od visine kosine 25 m na niže, sa geometrijskim parametrima bagera prve varijante. Isto tako sa grafika na sl. 3. vidljivo je da se za visinu kosine od 20 m u čistoj sivoj glini za α_{bgrd} izbor uglova nagiba bočnih kosina može vršiti u dijapozonu od 31° do 58° . To znači da se geometrijskim parametrima bagera prve varijante ne bi bilo racionalno otkopavati manje visine kosina od 20, a radi toga se zapremine bloka smanjuju.

Na bazi napred iznetog proizilazi zaključak da se za razmatrano otkopno polje izbor visine kosina može vršiti u intervalu od 20 do 25 m, a izbor uglova nagiba kosina u dijapazonima za te visine (40° – 52° i 31° – 58°).

SUMMARY

Realized Results in Selection of Block Mining Heights by Use of the Allowed Bucket-Wheel Excavator Operating Area

For a defined overburden in a concrete openpit mine and selected four bucket-wheel excavators the most rational block, i.e. bench height and appropriate excavator were defined by use of the allowed excavator operating area.

Literatura

1. Ćirić D. 1991. Izbor ugla nagiba bočne kosine, određivanje ose trase transporta i parametara za formiranje bočne kosine kod rotornih bagera. VIII Jugoslovenski simpozijum o površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, Igalo.
2. Rudarski institut Beograd: Studija o redosledu eksploatacije Kosovskog i metohijskog basena sa predlogom mikrolokacije rudnika za snabdevanje TE 2100 MW. Rudarski Institut Beograd, 1992. god.

PLOVNI BAGER SA TOČKOM ZA REZANJE UCW 450 (O&K) I NJEGOVA PRIMENA NA EKSPERIMENTALNOM PODVODNOM KOPU KOVIN

(sa 8 slika)

Branka Jovanović

Rezime

U ovom članku je predstavljen jedan sasvim novi vid površinske eksploatacije – podvodno otkopavanje lignita i pratećih sedimenata plovnim bagerom – čija je realizacija nakon dugogodišnjih priprema u probnom obliku, trenutno u toku na lokaciji kovinskog ležišta uglja.

Uvod

Na jednom manjem delu ležišta uglja Kovin predviđeno je tokom 1992. godine podvodno otkopavanje lignita i pratećih sedimenata plovnim bagerom, što je prvi pokušaj te vrste u svetu.

Ugalj i prateći sedimenti (pesak i šljunak) otkopani plovnim bagerom hidraulički će se transportovati čeličnim cevovodima do pripremljenih odlagališnih prostora – deponija.

Nemačka firma Orenstein & Koppel (O & K) iz Libeka konstruisala je plovni bager sa točkom za rezanje UCW 450 upravo za potrebe ovog eksperimenta, a prema uslovima kovinskog ležišta uglja.

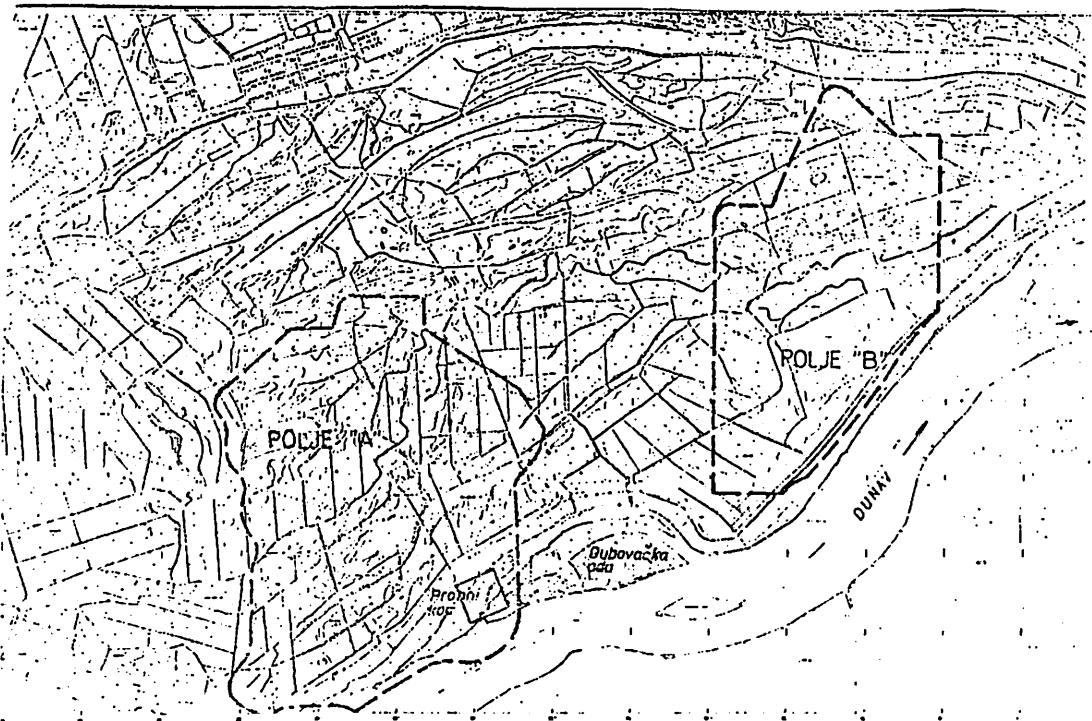
Ceo projekat podvodnog otkopavanja lignita plovnim bagerom na lokaciji kovinskog ležišta uglja ima za cilj:

- ispitivanje mogućnosti plovног bagera, dokazivanjem od strane proizvođača, garantovanih parametara rada i
- dobijanje relevantnih parametara koji bi poslužili kao osnova za dalja projektovanja i nastavak podvodne eksploatacije lignita na ovoj lokaciji, kao i na drugim lokacijama sa sličnim ležišnim uslovima.

Eksperimentalni podvodni kop Kovin

Kovinsko ležište uglja čini sastavni deo južnobanatske regije. Obuhvata priobalno područje Dubovac-Kovin-Pančevu na levoj obali Dunava. Istražnim radovima u okviru kovinskog ležišta uglja izdvojena su dva produktivna ugljonošna polja, „A“ i „B“ (slika 1).

* Ovaj članak je rezultat rada na istraživačko razvojnom projektu „Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine“.



Sl. 1. – Položaj ležišta uglja Kovin i probnog kopa

Na delu polja „A”, na prostoru između mesta Kovin, Gaj, Dubovac i Malo Bavanište, lociran je eksperimentalni podvodni kop Kovin sa pratećim objektima (slika 2).

U konturi eksperimentalnog podvodnog kopa Kovin, koja ima dimenzije 450×215 m, izvršiće se eksploatacija sedimenata plovnim bagerom sa točkom za rezanje UCW 450.

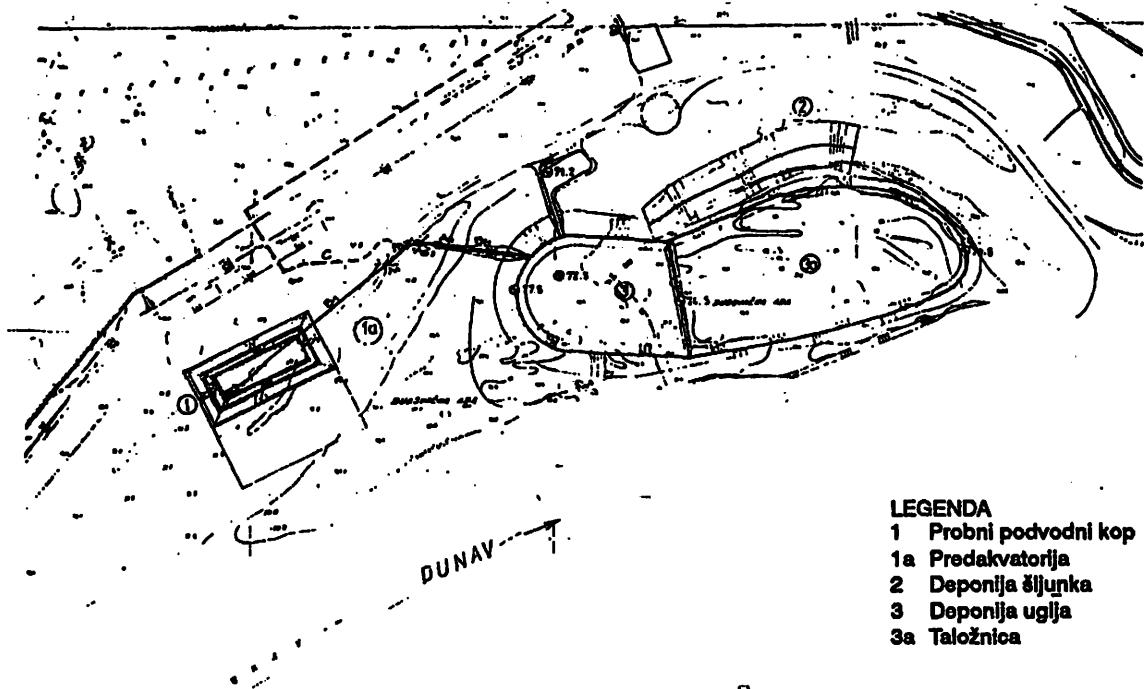
Plovni bager će otkopavati sedimente pojedinačno, po prirodnom redosledu. Na otkopavanje sledećeg sedimenta prelaziće tek kad potpuno otkopan prethodni sediment.

Za vreme otkopavanja pojedinih sedimenata plovnim bagerom vršiće se testiranje rada bagera. Na slici 3 je prikazan redosled sedimenata.

Tehničke karakteristike plovnog bagera sa točkom za rezanje UCW 450

Osnovnu konstrukciju plovnog bagera sa točkom za rezanje UCW 450, prikazanog na slici 4, čine:

1. ponton na površini vode dugačak $L = 55$ m i širok $b = 15$ m
2. katarka radnog točka duga $L_k = 58,6$ m, smeštena u centralnom uzdužnom prorezu pontona
3. radni točak sa prečnikom $D = 4,5$ m, konstruisan kao dva identična točka sa reznim elementima, jedan sa leve a drugi sa desne strane podužne ose katarke
4. sistem za kretanje bagera i njegovo učvršćenje za dno:
 - nosač (ili tzv. toranj) pilona
 - radni pilon
 - fiksirajući pilon
 - viti za podizanje pilona
5. komandno mesto
6. elektro-hidraulični kranovi za održavanje
7. sistem za bočno okretanje bagera (tzv. laviranje):
 - lavirno uže i koturača
 - lavirno viti
8. priključak za plovni cevovod



Sl. 2. – Probni podvodni kop Kovin sa pratećim objektima

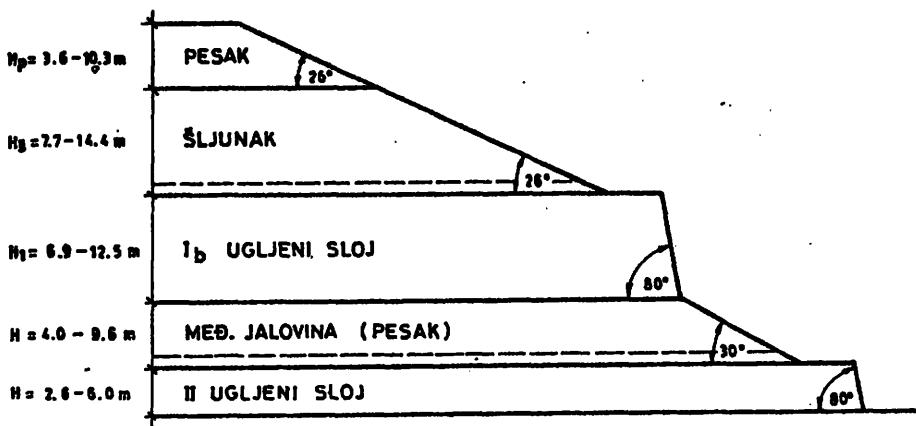
Katarka radnog točka, prikazana na slici 5, konstruisana je za kopanje na dubinama do 45 m, pri nagibu katarke do oko 45° .

Spuštanje i podizanje katarke vrši se sistemom užadi, koturača i vratila na palubi pontona.

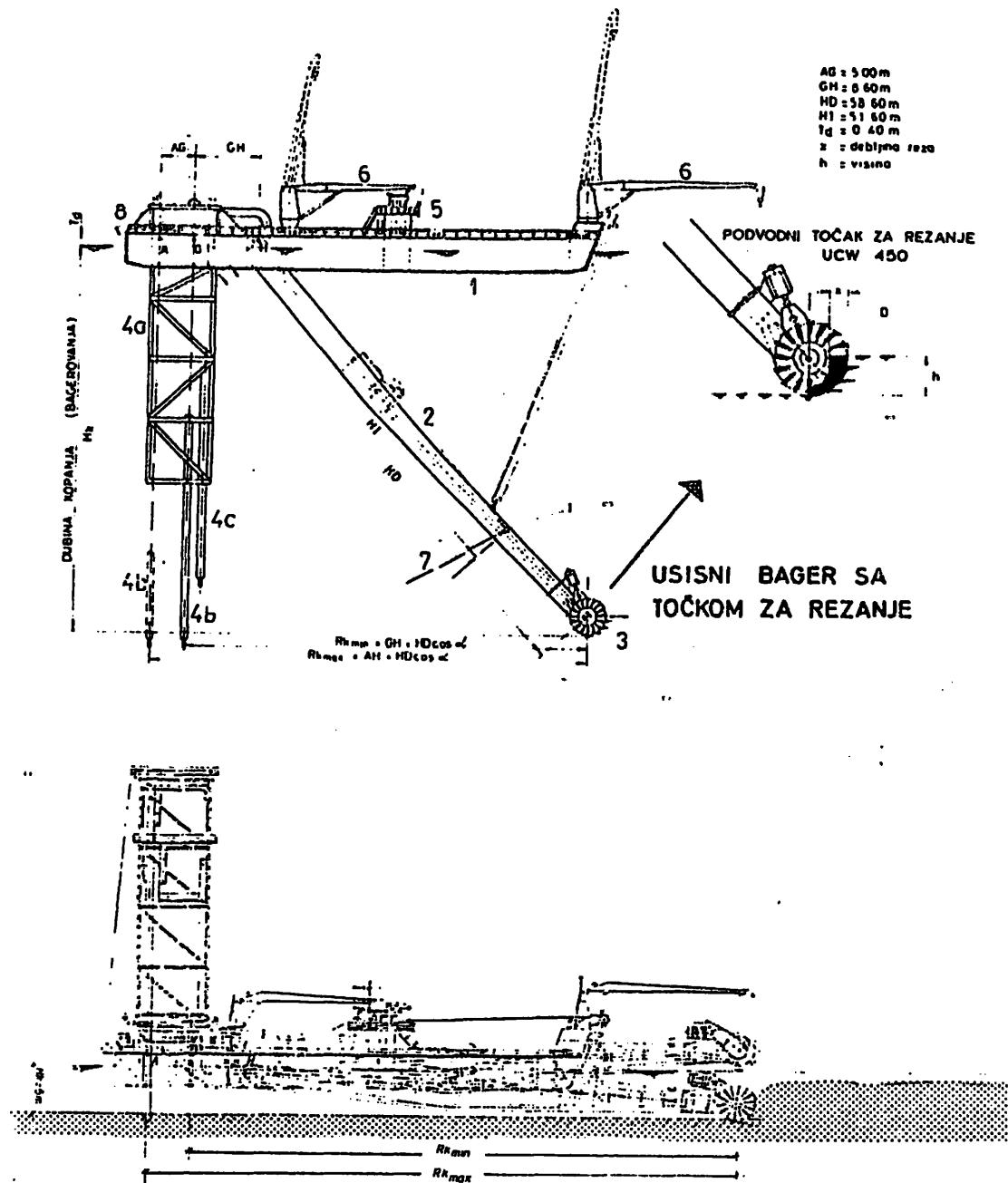
Pored reznog točka (1) na kraju katarke, na njoj su smešteni i podvodna bagerska pumpa (2), elektromotor podvodne pumpe smešten u mašinskom prostoru (3), usisne i ispusne cevi (4) merni instru-

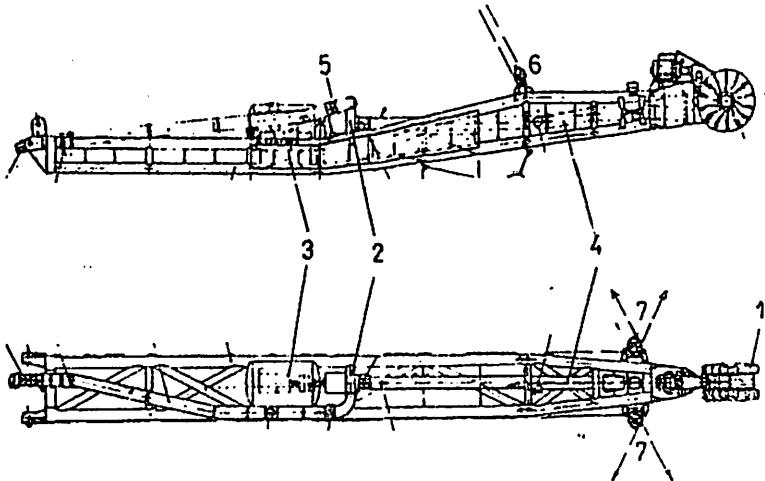
menti (merač gustine mešavine, merač pritiska, eho-sonder (5), koturače u sistemu za podizanje i spuštanje katarke (6) i dve koturače u sistemu za bočno okretanje bagera (laviranje) (7).

Glavne komponente reznog točka O & K tip UCW 450, primjenjenog na kovinskom ležištu uglja i prikazanog na sl. 6, su: rezni točkovi (2 kom.), elektromotor reznog točka, rezni elementi – noževi, izmenljivi zubi i usisni kanal.



Sl. 3. – Rasporед sedimentata na lokaciji probnog kopa





Sl. 5. – Katarka radnog točka

OSNOVNI PODACI PODVODNOG REZNOG TOČKA UCW 450

– Prečnik reznog točka	D = 4,5 m
– broj noževa po točku	14
– efektivna rezna dužina	1 = 1,15 m
– broj zuba po nožu	5
po točku	70
– pogonska snaga	P = 750 kW
– brzina pogona	W = 375-750 ^{ob} /min.
– brzina okretanja	
reznog točka	W = 6,75-13,5 ^{ob} /min
– max. obodna snaga	
reznog točka	F = 208 kN
– obodna brzina točka	V = 97,5-195 m/min.

Tehnologija rada plovnog bagera sa točkom za rezanje

Geometrija rezanja reznog točka plovnog bagera pri otkopavanju sedimenata u vodenoj radnoj sredini potpuno je identična geometriji rezanja radnog točka klasičnih rotornih bagera pri radu na suvozemnim površinskim kopovima

- (a) Podvodni rezni točak plovnog bagera okreće se oko svoje ose i otkopava jedan odrezak.
- (b) Istovremeno sa okretanjem reznog točka oko njegove ose vrši se i okretanje celokupne konstrukcije bagera (pontona zajedno sa katarkom i radnim točkom) oko ose radnog pilona, pri čemu se otkopava niz odrezaka ili rez.

(c) Napredovanje u jednoj podetaži vrši se pomeranjem celokupne konstrukcije bagera po klizaču radnog pilona; svaki naredni rez otkopava se sa radijusom kopanja $Rk_2 = Rk_1 + X$ (Rk_1 – radijus kopanja prethodnog reza, X – debљina reza).

Konstrukcija klizača radnog pilona dozvoljava napredovanje bagera bez pomeranja radnog pilona u ukupnoj dužini od $\Sigma x_{\max} = 5,0$ m.

(d) Obrada čeone i bočne kosine bloka plovnim bagerom sa točkom za rezanje identična je sa istim operacijama klasičnog rotornog bagera.

Specifičnosti rada plovnog bagera sa točkom za rezanje u odnosu na klasične rotorne bagere odnose se, uglavnom, na konstruktivna rešenja bagera, prilagođena vodi kao radnoj sredini.

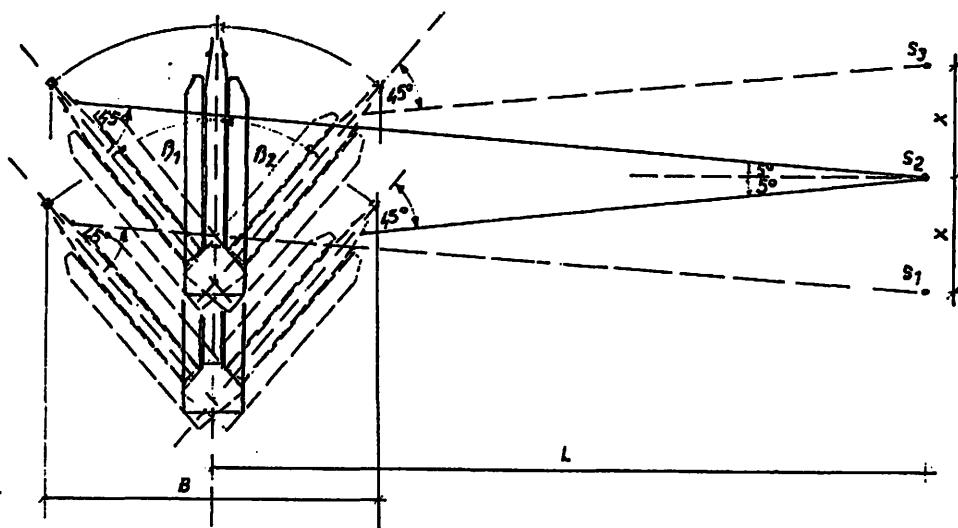
Pri radu na otkopavanju sedimenata plovni bager vrši dvojako kretanje:

Kružno, oko ose radnog pilona, otkopavajući sediment u rezovima i

Pravolinjsko, u pravcu napredovanja bloka, i to:

- unapred – pri prelasku na otkopavanje narednog reza u podetaži i pri prelasku sa najniže na najvišu podetažu i
- unazad – pri prelasku na otkopavanje naredne, niže podetaže.

Kružno kretanje plovnog bagera sa točkom za rezanje pri otkopavanju sedimenata vrši se sistemom vitala, užadi, koturača i sidra.



Sl. 6 – Sidrenje plovnog bagera

Na sl. 7. je prikazana principijelna šema kružnog kretanja bagera.

Na rastojanju L od ose kretanja bagera na jednu i drugu stranu postavlja se sidro. Sidrena užad se, na obe strane bagera, učvršćuju za sidro sa jedne strane i bager sa druge strane, i vođenja su preko koturača na katarci, duž cele katarke, do vitla na palubi pontona.

Pomoću ovih vitala menja se dužina sidrenih užadi, čime se postiže zaokretanje plovnog bagera.

Konstruktivno ograničenje zaokretanja plovnog bagera u odnosu na osu kretanja iznosi

$$\beta_{1 \max} = \beta_{2 \max} = 40^\circ.$$

Uglovi koje zaklapaju sidrena užad i podužna osa bagera (u položaju bagera na krajnjoj levoj ili desnoj strani) ograničeni su na 45° . Naime, prema preporuci proizvodača bagera ovi uglovi obezbeđuju optimalne parametre rada bagera.

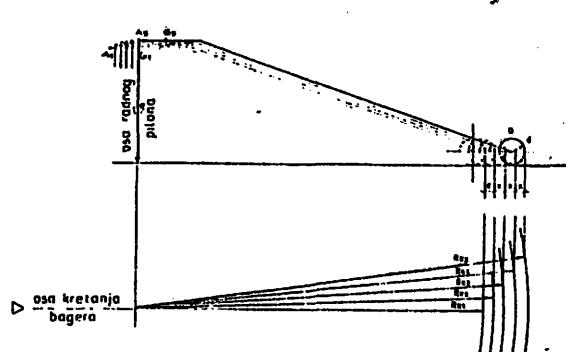
Kao što je prikazano na slici, u trenutku kada sidreno uže zaklapa ugao od min. 45° sa podužnom osom bagera (koja je zaokrenuta na $\beta_{1 \max} = 40^\circ$ u odnosu na pravac kretanja bagera), sidro (S) se iz položaja S₁ mora premestiti u položaj S₂ (unapred), tako da ugao istog sidrenog užeta i podužne ose bagera u krajnjem desnom položaju ($\beta_{2 \max} = 40^\circ$) iznosi min. 45° .

Na taj način, na dužini napredovanja bagera X jedan isti položaj sidra zadovoljava pravilo sidrenja.

Za sidro postavljeno na rastojanju L od ose kretanja bagera, dužina napredovanja bagera bez premeštanja sidra iznosi:

$$X = 2 \cdot L \cdot \operatorname{tg} 5^\circ$$

Pravolinjsko kretanje O & K plovnog bagera sa točkom za rezanje vrši se sistemom pilona. Dva pilona (radni i fiksirajući, sl. 4) smeštena su u zadnjem delu pontona, u tzv. tornju ili nosaču pilona. Oba pilona su vertikalno pomerljiva, a radni pilon je i horizontalno pomerljiv. Pri otkopavanju sedimenta bager se okreće oko ose radnog pilona.



Sl. 7. – Pravolinjsko kretanje plovnog bagera

U početnom položaju radnog pilona u tački G (sl. 4 i 8), bager otkopava prvi rez u jednoj podetaži sa radijusom kopanja Rk1. Za svaki novi rez, ponton bagera se zajedno sa katarkom, radnim točkom i fiksirajućim pilonom, pomera po klizaču radnog pilona za debjinu reza X.

Broj rezova koje plovni bager može da otkopa bez premeštanja radnog pilona iznosi:

$$n_r = \frac{GA}{X} = \frac{5,0 \text{ m}}{X}$$

gde je:

GA – max. dužina pomeranja pontona po klizaču radnog pilona (GA = 5,0 m)

X – debjinu reza

U trenutku kada se bager toliko pomeri da radni pilon zauzme krajnji položaj (u tački A), vrši se premeštanje radnog pilona:

- (a) spušta se fiksirajući pilon i zabada u tlo
- (b) podiže se radni pilon i horizontalno se pomera po klizaču u početni položaj (tačku G)

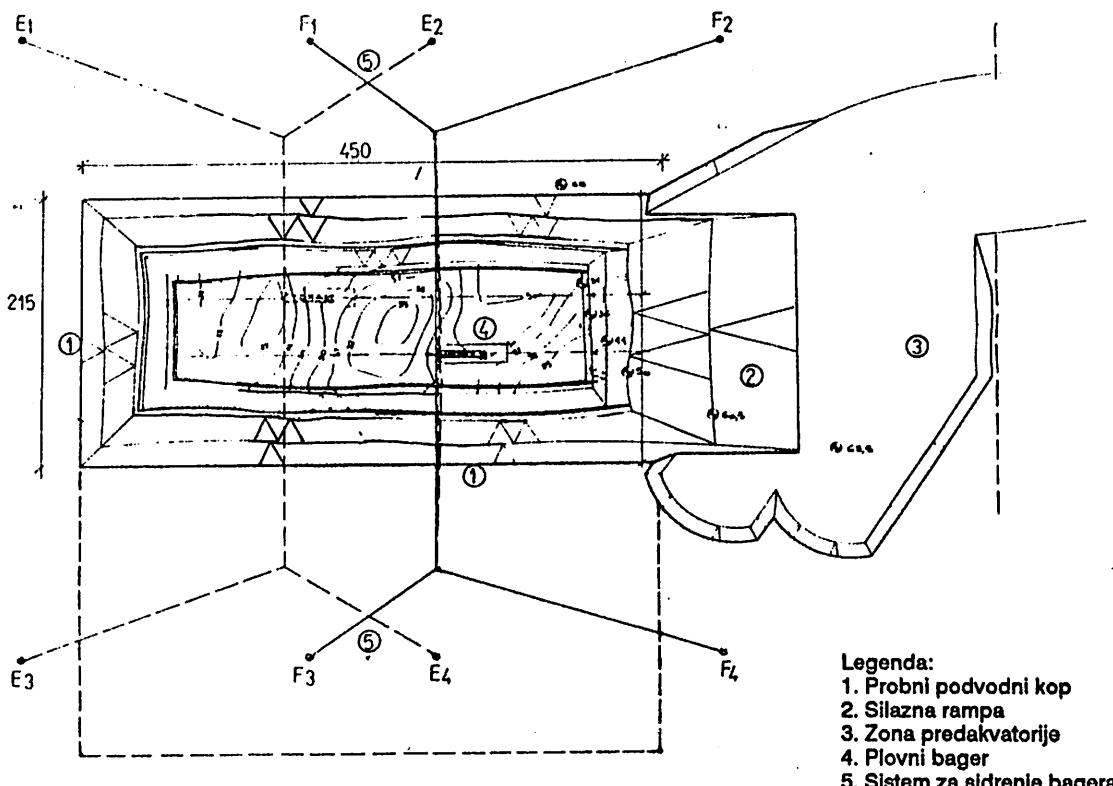
(c) spušta se radni pilon i zabada u tlo

(d) podiže se fiksirajući pilon i započinje se novi radni ciklus plovnog bagera.

Rad plovnog bagera sa točkom za rezanje na eksperimentalnom podvodnom kopu Kovin

Okonturenu zonu probnog kopa (dimenzije 450 x 215 m) od površine terena do podine II ugljenog sloja plovni bager će otkopavati prema usvojenoj tehnologiji rada koja podrazumeva:

- pojedinačno otkopavanje sedimenta (na otkopavanje narednog sedimenta bager će prelaziti tek po potpuno otkopanom prethodnom)
- otkopavanje svih sedimenata (peska, šljunka, I ugljenog sloja, peska u međuslojnoj jalovini i II ugljenog sloja) u paralelnim blokovima koji imaju pravac severoistok-jugozapad
- uvek isti smer otkopavanja – od sевероистока ka југозападу – po završenom otkopavanju jednog bloka bager će se vratiti u početni položaj sa severoistočne strane kopa



Sl. 8. – Probni podvodni kop Kovin

- izradu silazne rampe sa strane ulaska bagera u kop, gde plovni bager ne može (zbog relativno velike dužine katarke, $L = 58,6$ m) da savlada generalnu kosinu kopa, određenu na osnovu kriterijuma stabilnosti kosine
- sidrenje plovnog bagera sa kopna, koje su uslovile relativno male dimenzije kopa kao i male površine pod vodom.

Na slici 8 je prikazan probni podvodni kop Kovin u svom projektovanom, završnom izgledu.

SUMMARY

Bucket-Wheel Dredger UCW 450 (OCK) Applied in Experimental Mine Kovin

The paper presents a quite new opencast mining method – underwater excavation of lignite and accompanying sediments by a dredger realizations of which is currently, after many year preparations, on the way in experimental form on Kovin coal deposit.

Literatura

1. Uputstvo za rukovanje i održavanje plovnog bagera Orenstein & Koppel, 1991.
2. Glavni rudarski projekat Rudnika uglja Kovin, Rudarski institut, 1991.

Priprema mineralnih sirovina

Finansira Ministarstvo za nauku
i tehnologiju Republike Srbije*

UDK 622.75/.77:622.343 „Cerovo“
Originalni naučni rad

TEHNOLOŠKI PROCES KONCENTRACIJE MINERALA BAKRA U NOVOM RUDNIKU CEROVO-CEMENTACIJA BOR

(sa 2 slike)

Milan Milošević – Branimir Monevski – Živorad Lazarević

Rezime

U Rudniku bakra Cerovo-Cementacija koji se nalazi u fazi izgradnje primenjena je nova tehnologija pripreme rude koja obuhvata: proces usitnjavanja rude u Cerovu, hidraulički transport samlevene rude u dužini od oko 15 km, i proces koncentracije rude u postrojenju flotacije u Boru. Usvojena koncepcija pruža značajne prednosti u odnosu na druga rešenja sa ekonomskog, ekološkog, aspekta rokova završetka izgradnje, kao i tehnološkog aspekta. Sa tehnološkog aspekta pogodnosti se ogledaju u mogućnosti selektivne prerade ove veoma kompleksne rude, kao i primene jektinijih i sa aspekta ekologije pogodnijih reagenasa.

Uvod

Rudnik bakra Cerovo-Cementacija otvara se na osnovu utvrđenih rudnih rezervi koje iznose više od 25×10^6 tona rude sa srednjim sadržajem bakra od 0,713%. Izvršena su veoma obimna istraživanja u cilju iznalaženja optimalne tehnologije koncentracije minerala bakra. Bakar se u rudi najčešće pojavljuje u obliku minerala halsopirita, halkozina, kovelina i redje u obliku bornita i enargita. Oksidni minerali bakra, kao što su kuprit, malahit i azurit, takođe su prisutni u rudi, tako da u pojedinim delovima ležišta prelaze i 30% od ukupnog bakra. Na osnovu rezultata laboratorijskih istraživanja doneta je odluka da se proces koncen-

tracije minerala bakra obavlja uz primenu konvencionalne flotacije. S obzirom na raspoložive rezerve rude u ležištu, a imajući u vidu ekonomski aspekt, odlučeno je da se ova ruda preradi u postojećoj flotaciji Bor do koje će se ruda transportovati. Kao najpogodniji vid transporta pokazao se hidraulički transport, što je uslovilo sledeću principijelnu tehnološku šemu:

- usitnjavanje rude do krupnoće potrebne za flotacijsku koncepciju u postrojenjima lociranim u blizini rudnika Cerovo-Cementacija,

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnog projektu „Izučavanje relevantnih fenomena u procesima valorizacije čvrstih mineralnih sirovina“.

- hidraulički transport rude (pulpe) do flotacije Bor,
- koncentraciju rude u flotaciji Bor.

Prilikom izbora hidrauličkog transporta, kao najpogodnijeg vidi transporta, pored ekonomskog, tehničkog, ekološkog i drugih aspekta, jedan od presudnih činilaca bio je i tehnološki aspekt s obzirom da ovo rešenje omogućava potpuno selektivnu preradu veoma kompleksne rude Cerovo u odnosu na rudu koja se već prerađuje u flotaciji Bor.

Tehnološki proces

Tehnološki proces pripreme rude (Sl. 1) obuhvata sledećeeline:

- drobljenje rude u tri stepena sa međufaznim prosejavanjem koje, u zatvorenom ciklusu, obezbeđuje smanjenje krupnoće od početne g.g.k. 1000 na krupnoću 100% minus 16 mm,
- mokro mlevenje rude u dva stepena (mlin sa šipkama, mlin sa kuglama) sa klasiranjem u hidrociklonima, sa finoćom preliva hidrociklona od 70% minus 0,074 mm,
- zgušnjavanje preliva hidrociklona do gustine optimalne za hidraulički transport,
- hidraulički transport pulpe, uz pomoć muljnih pumpi, u dužini od oko 15 km do flotacije Bor,
- osnovno flotiranje, domeljavanje grubog koncentrata i trostepeno prečišćavanje u flotaciji Bor,

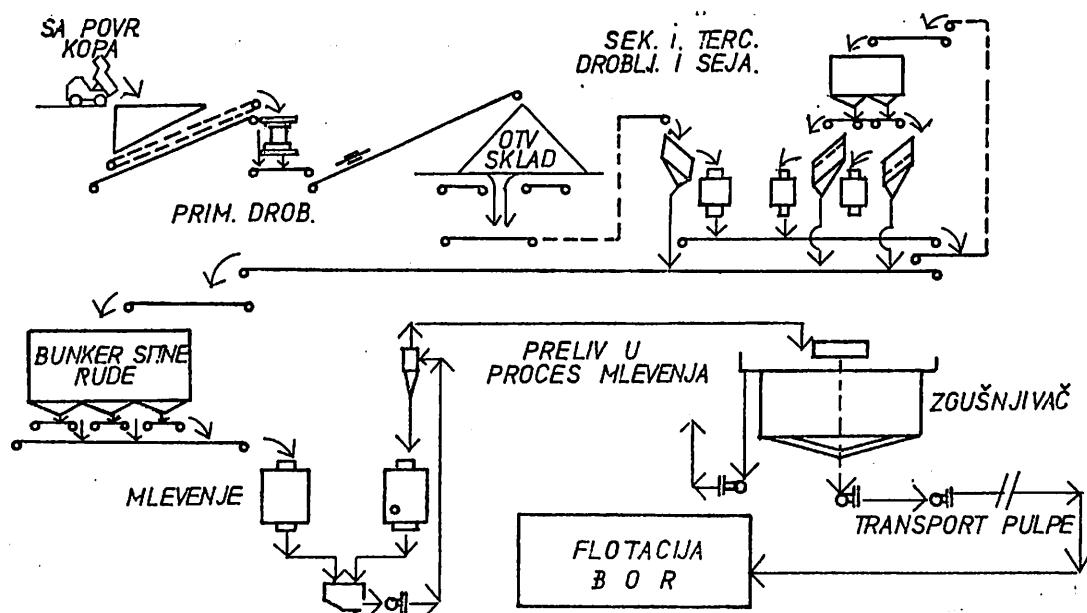
- odvodnjavanje i filtriranje definitivnog koncentrata u filterskom postrojenju Bor, kao i deponovanje jalovine u postojećem jalovištu.

Očekivani rezultati

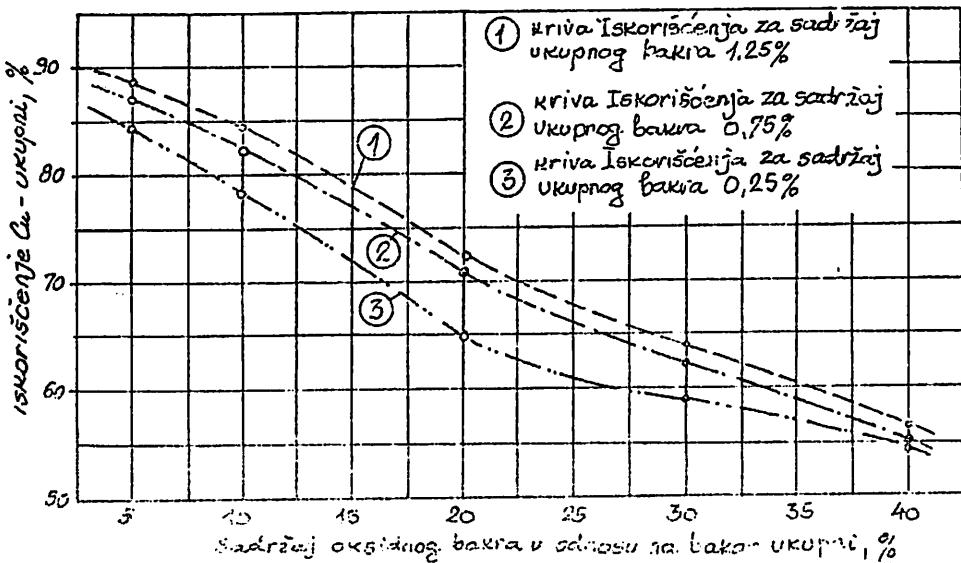
Obradom rezultata višegodišnjih istraživanja, posebno sa aspekta međusobne zavisnosti sadržaja bakra u rudici, učešća oksidnog bakra u rudi i tehnološkog iskorišćenja bakra, dobiveni su rezultati koji se prikazuju grafički na sl. 2.

Zaključak

U Rudniku bakra u izgradnji Cerovo-Cementacija – Bor primenjena je, za naše uslove, nova tehnologija pripreme rude koja obuhvata proces usitnjavanja rude lociran u neposrednoj blizini rudnika, hidraulički transport samlevene rude (pulpe) do flotacije Bor, i flotacijsku koncentraciju u flotaciji Bor. Ova koncepcija pruža značajne prednosti u odnosu na druga rešenja sa ekonomskog, ekološkog, aspekta rokova završetka i izgradnje, kao i tehnološkog aspekta, jer omogućava potpuno selektivnu preradu veoma kompleksne rude Cerovo-Cementacija. Ovim rešenjem omogućava se primena jeftinijih i sa aspekta ekologije pogodnijih reagenasa.



Sl. 1. Tehnološka šema



Sl. 2. Iskorišćenje ukupnog bakra u koncentratu u zavisnosti od učešća oksidnog bakra u rudi

SUMMARY

Cooper Mineral Concentration Process Flow-Sheet In New Mine Cerovo – Cementation – Bor

In Cooper Mine Cerovo – Cementation currently under construction a new ore dressing flow-sheet was applied including: ore fragmentation in Cerovo, ground ore hydraulic transport over a distance of some 15 km and ore concentration in Bor flotation plant. The adopted concept affords major advantages compared with other solutions from economic, ecological aspects and final construction terms, as well as technological aspects. Here the advantages are reflected by the possibility of selective processing of this highly complex ore, as well as use of cheaper and more suitable reagents.

Literatura

1. Milošević, M., 1992: Transport rude iz ležišta Cerovo-Cementacija do postrojenja za koncentraciju u Boru – Izbor optimalne varijante RI Beograd, Beograd.
2. Wasp J.E., Kenny and Gandhi 1977: Solid-Lignid Flow-Slurry Pipeline Transportation, Trans Tech. Publication.
3. Sašić, M. 1990: Transport čvrstih i tečnih materija cevovodima, Naučna knjiga, Beograd.
4. Dokumentacija iz tehničke arhive Rudarskog instituta Beograd (Studije tehnoloških istraživanja rude iz ležišta Cerovo – Cementacija i dr.).
5. Bechtel Corporation, 1992: Copper ore slurry pipeline system-Conceptual design.

PRETKONCENTRACIJA SIROMAŠNIH OLOVO-CINKOVIH RUDA

(sa 1 slikom)

Milosav Adamović – Zoltan Konc – Živorad Lazarević
– Jovo Došenović

Rezime

Laboratorijska i poluindustrijska ispitivanja mogućnosti primene postupka pretkoncentracije sa flotacijskom koncentracijom pretkoncentrata, izdvojenog u konusnom separatoru pri krupnoći $-60+12$ mm i gustini raslojavanja između 2,65 i $2,70 \text{ g/cm}^3$, objedinjenog sa sitnim klasama ($-12+0$ mm) na uzorku rude lokaliteta Čardinje pokazala su, da se korisni minerali zastupljeni u ovoj rudi, mogu uspešno valorizovati kroz selektivne koncentrate olova, cinka i pirita.

Laboratorijska ispitivanja pretkoncentracije na uzorku Pb-Zn rude ležišta Višnjica ukazala su da ista, sa tehnološkog aspekta, može da bude opravdana.

Laboratorijska istraživanja primene pretkoncentracije na siromašnom uzorku Pb-Zn rude revira Istočna Struktura – Šupljia Stijena ukazala su na otežanu mogućnost tehnološkog postupka sa aspekta troškova prerade.

Uvod

Olovo-cinkove rude koje se prerađuju u postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina predstavljaju složene, polimetalične sirovine koje, s obzirom na svoj hemijski i mineraloški sastav, daju pored osnovnih proizvoda (koncentrat Pb i Zn) značajne količine koncentrata pirita i pirhotina, a preko osnov-

nih koncentrata i Ag, Au, Cd, Bi kao i manje količine Cu. Osnovni postupak za dobijanje koncentrata vezan je za proces flotacijske koncentracije dok postupci pretkoncentracije nisu našli značajniju primenu u našim postrojenjima.

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnem projektu „Razvoj novih i unapređenje postojećih tehnologija za preradu rude obojenih, plamenitih i retkih metala“.

Siromašne olovo-cinkove rude, koje se, za sada, smatraju kao vanbilansne, predstavljaju perspektivne mineralne sirovine, a iste će morati, radi ekonomičnije valorizacije, pre dalje prerađe flotacijskim postupkom, biti podvrgнуте pretkoncentraciji.

Laboratorijska ispitivanja

Radi utvrđivanja mogućnosti primene metode gravitacijske pretkoncentracije za siromašne Pb-Zn rude izvršena su detaljna laboratorijska ispitivanja na rudama iz ležišta: Čardinje – Prijepolje, Višnjica – Mojkovac i Istočna struktura – Šuplja Stijena – Pljevlja.

Opiti pretkoncentracije vršeni su u cilju odstranjivanja što veće količine jalovine i dobijanja pretkoncentrata sa povećanim sadržajem olova i cinka.

Laboratorijska ispitivanja vršena su analizom pliva-tone na različitim krupnoćama rude i sa različitim gustinama teške tečnosti. Ispitivanja su vršena na rudama krupnoće – 40 + 5 mm, – 20 + 5 mm i – 10 + 5 mm, a klasa – 5 + 0 mm svrstana je u sitne klase i nije ispitivana ovom metodom. Gustina teške tečnosti kretala se od 2,6 – 3,0 g/cm³, a rađeno je sa bromoformom i tetrabrometanom. Najpovoljniji rezultati postignuti su u sledećim uslovima:

- ruda ležišta Čardinje pri gustini teške tečnosti $\gamma = 2,65 \text{ g/cm}^3$ i krupnoći – 20 + 5 mm,
- ruda ležišta Istočna struktura pri gustini teške tečnosti $\gamma = 2,90 \text{ g/cm}^3$ i krupnoći – 40 + 5 mm,
- ruda ležišta Višnjica pri gustini teške tečnosti $\gamma = 2,70 \text{ g/cm}^3$ i krupnoći – 20 + 5 mm.

Bilansi metala pretkoncentracije prikazani su u tablici 1, 2 i 3

Bilans metala rude ležišta Čardinje $\gamma = 2,65 \text{ g/cm}^3$

Tablica 1

Proizvodi	Masa %	Sadržaj, %		Raspodela, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
Ruda	100,00	0,84	4,42	100,00	100,00
Pretkoncentrat	25,09	2,18	10,86	65,23	61,64
Klasa – 5 + 0 mm	33,33	0,75	4,65	29,81	35,06
Pretkoncentrat + sitne klase	58,42	1,36	7,32	95,04	96,71
Jalovina	41,58	0,10	0,35	4,96	3,29

Bilans metala rude ležišta Istočna struktura $\gamma = 2,90 \text{ g/cm}^3$

Tablica 2

Proizvodi	Masa %	Sadržaj, %		Raspodela, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
Ruda	100,00	0,21	0,96	100,00	100,00
Pretkoncentrat	55,36	0,28	1,26	71,80	72,30
Klasa – 5 + 0 mm	17,17	0,25	1,13	19,89	20,11
Pretkoncentrat + sitne klase	72,53	0,27	1,23	91,69	92,41
Jalovina	27,47	0,065	0,267	8,31	7,59

Bilans metala rude ležišta Višnjica $\gamma = 2,70 \text{ g/cm}^3$

Tablica 3

Proizvodi	Masa %	Sadržaj, %		Raspodela, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
Ruda	100,00	0,81	1,86	100,00	100,00
Pretkoncentrat	47,30	1,03	2,92	60,50	74,33
Klasa – 5 + 0 mm	20,56	1,33	2,01	33,91	22,23
Pretkoncentrat + sitne klase	67,86	1,12	2,64	94,41	96,56
Jalovina	32,14	0,14	0,20	5,59	3,44

Rezultati ispitivanja pokazali su:

- da se na rudi ležišta Čardinje postupkom gravitacijske koncentracije postiže iskorišćenja u pretkoncentratu i sitnim klasama na olovu 95,04%, na cinku 96,71%, sa stepenom koncentracije 1,62 kod olova, 1,86 kod cinka i 41,58% odbačene jalovine.
- da su na rudi ležišta Istočna Struktura postignuta iskorišćenja 91,69% na olovu i 92,41 na cinku, sa stepenom koncentracije 1,28 kod olova i cinka i 27,47% odbačene jalovine.
- da se na rudi ležišta Višnjica postiže iskorišćenja 94,41% na olovu 96,56% na cinku, sa stepenom koncentracije 1,38 na olovu i 1,42% na cinku, uz 32,14% odbačene jalovine.

Upoređujući rezultate istraživanja konstatuje se da se može prema iskorišćenju korisnih metala, stepenu koncentracije i masi odbačene jalovine kod rудa iz ležišta Čardinje i Višnjice, sa tehn-ekonomskog aspekta, uspešno primeniti gravitacijska koncentracija u cilju povećanja sadržaja metala u ulaznoj rudi i odbacivanju značajne količine jalovine pre flo-

tacijske koncentracije. Kod siromašne rude iz ležišta Istočna struktura, zbog niskog stepena koncentracije i relativno male mase odsečene jalovine, pretkoncentracija nije zadovoljila kriterijume za ekonomski opravданu primenu ovog postupka.

Poluindustrijska ispitivačja pretkoncentracije na rudi ležišta Čardinje

Laboratorijskim ispitivanjima utvrđeno je da se ruda iz ležišta Čardinje može uspešno koncentrisati kombinovanim postupkom gravitacijske i flotacijske koncentracije.

Bilans koncentracije

Tablica 4

Proizvodi	Masa %	Sadržaj, %		Raspodela, %	
		Pb	Zn	Pb	Zn
Ruda	100,00	0,57	3,58	100,00	100,00
Pretkoncentrat	33,00	0,81	6,77	46,71	62,38
Klasa -12+0 mm	28,80	0,90	4,28	45,29	34,42
Ulaz i flotaciju	61,80	0,85	5,61	92,00	96,80
Jalovina	38,20	0,12	0,30	8,00	3,20

Donja granična krupnoća rude koja treba da ide u proces gravitacijske koncentracije, u odnosu na laboratorijska ispitivanja, pomera se sa 5 na 12 mm, a gornju graničnu krupnoću treba definisati ovim opitima, kao i gustinu raslojavanja. Poluindustrijska ispitivanja imala su takođe za cilj i dobijanje potrebne količine pretkoncentrata za laboratorijska ispitivanja flotacijske koncentracije.

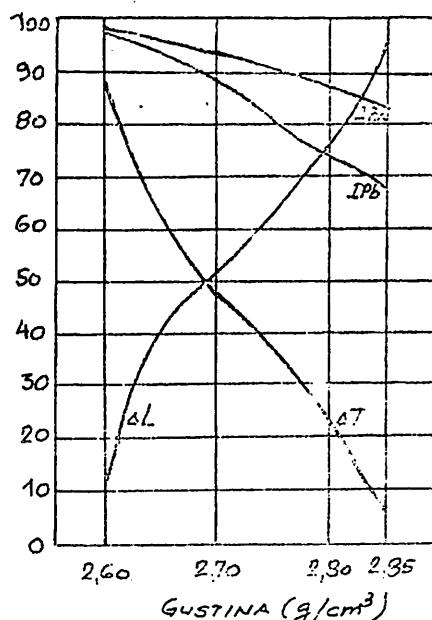
Poluindustrijski opiti pretkoncentracije vršeni su na rudi krupnoće – 100 + 12 mm, – 80 + 12 mm, – 60 + 12 mm, – 40 + 12 mm i – 20 + 12 mm.

Ova ispitivanja izvršena su u konusnom uređaju, a kao suspenzoid korišćen je ferosilicijum 15-CIKLONE 60 firme Knapsak, pri gustinama suspenzije od 2,60 – 2,85 g/cm³.

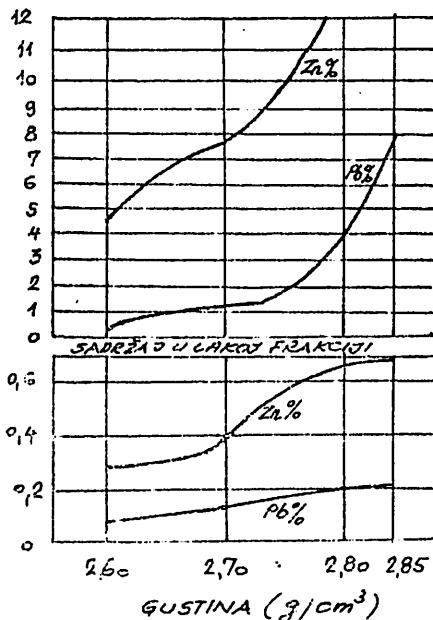
Izvršena poluindustrijska ispitivanja pokazala su da je optimalna klasa krupnoće – 60 + 12 mm. Postupkom pretkoncentracije odbačeno je preko 30% krupne jalovine, a dobija se pretkoncentrat sa visokim sadržajem Zn.

Rezultati izvedene serije poluindustrijskih ispitivanja pokazuju da gustina suspenzije na ulazu u konusni separator igra veoma važnu ulogu. Svi opiti su pokazali da je optimalna gustina raslojavanja između 2,65 i 2,70 g/cm³.

KLASA KRUPNOĆE: - 50 + 12 mm



SADRŽAJ U TEŠKOJ FRAKCIJI



Slika 1.

Tablica 5

Proizvodi	M%	Sadržaj metala			Raspodela %		
		Pb %	Zn %	Ag g/t	Pb	Zn	Ag
Ruda	100,00	0,57	3,58	17,00	100,00	100,00	100,00
Pretkoncentrat	33,00	0,81	6,77	23,00	46,71	62,38	44,94
Klasa – 12 + 0 mm	28,80	0,90	4,28	23,00	45,29	34,42	39,22
Jalovina	38,20	0,12	0,30	7,00	8,00	3,20	15,84
Ulez u flotaciju	61,80	0,85	5,61	23,00	92,00	96,80	84,16
Koncentrat Pb	0,60	60,50	4,21	1240,00	63,43	0,70	44,05
Koncentrat Zn	5,40	0,97	55,51	50,00	9,15	83,70	15,99
Koncentrat FeS ₂	4,30	0,28	1,38	20,00	2,10	1,66	5,09
Jalovina flot. (predkonc.+flotac.)	51,50	0,19	0,75	6,24	17,31	10,74	19,03
Jalovina (predkonc.+flotac.)	89,70	0,16	0,56	6,56	25,32	13,94	34,87

Koncentrat FeS₂ sadrži 46,24% S

Metal bilans koncentracije prikazan je u tablici 4, a krive odvajanja date su na slici 1.

Ispitivanja flotacijske koncentracije na pretkoncentratu i sitnim klasama iz uzorka rude ležišta „Čadiće“

U laboratorijskim ispitivanjima flotacijske koncentracije korišćen je uzorak pretkoncentrata dobijen na konusnom separatoru objedinjen sa prethodno odvojenom klasom – 12 + 0 mm u odgovarajućem odnosu.

Na ovako dobijenom uzorku urađena je serija laboratorijskih opita flotacijske koncentracije minerala olova, cinka i pirita, u cilju utvrđivanja najpovoljnijih uslova (finoča mlevenja, vrste i količine reagenasa, pH vrednost sredine i dr.).

Na osnovu laboratorijskih opita gravitacijske i flotacijske koncentracije kao i opita prečišćavanja u zatvorenom ciklonu u tablici br. 5 dat je prognozni bilans metala.

Prognozni bilans metala pretkoncentracije i flotacijske koncentracije

Na osnovu rezultata ispitivanja uočava se sledeće:

- postignuti su relativno zadovoljavajući pokazatelji flotacijske koncentracije minerala olova, imajući u vidu vrlo nizak sadržaj olova u rudi,
- ostvareno je visoko iskorijenje cinka i visok kvalitet koncentrata cinka,
- težinsko iskorijenje pirita je zadovoljavajuće, obzirom na relativno nizak sadržaj pirita u rudi.
- poluindustrijska ispitivanja mogućnosti primene postupka pretkoncentracije sa flotacijskom koncentracijom pretkoncentrata i sitnih klasa na uzorku rude lokaliteta Čadiće pokazala su da se korisni minerali koji su zastupljeni u ovoj rudi mogu uspešno valorizovati kroz selektivne koncentrate olova, cinka i pirita.

SUMMARY

Preconcentration of Low Grade Lead-Zinc Ores

Laboratory and pilot-scale tests into the possibility of using the preconcentration procedure with flotation concentration of preconcentrate produced in a cone separator at a size range – 60 + 12 mm and separation density between 2,65 and 2,70 g/m³, united with fine classes (-12 + 0 mm) on locality Čardinje ora sample indicated that valuable minerals present in the ore may be successfully valorized by selective lead, zinc and pyrite concentrates.

Laboratory tests into preconcentration of deposit Vučiljica Pb-Zn ore indicated that it may be justifiably from the technological aspect.

Laboratory tests on application of preconcentration for a low grade Pb-Zn ore sample from mining district Istočna Struktura – Šuplja Stijena indicated difficulties in use of this procedure from the aspect of processing costs.

Literatura

1. Poljkin S.I., Adamov E.V.: Obogašenje rud cvetnih i redkih metallova
2. Fišman M.A., Sobolev D.S.: Praktika obogašenija rud cvetnyh i redkih metallova
3. Nebera V.P., Sobolev D.S.: Sostojanie i osnovne napravlenija razvitiia za rubežom

VALORIZACIJA SIROMAŠNIH VANBILANSNIH RUDA BAKRA LEŽIŠTA MAJDANPEK

(sa 2 slike)

Branimir Monevski - Živorad Lazarević - Milan Milošević

Rezime

U obodnim delovima ležišta Majdanpek nalaze se značajne količine siromašne, vanbilansne rude bakra. Cilj istraživanja koja se već nekoliko godina vrše u Rudarskom institutu Beograd je da se utvrde flotabilne i druge karakteristike ovih ruda, odnosno da se odredi koji delovi ležišta bi se mogli valorizovati po postojećoj tehnologiji. Dosada je obrađeno sedamnaest uzoraka siromašne rude, pri čemu je uočeno da postoji dva karakteristična tipa rude: gnajsn i andezitski tip. Kod gnajsnog tipa izražen je povećan sadržaj glinovitih minerala, a ruda je relativno mekana. Andezitski tip rude je znatno tvrdi, sa manjim sadržajem plrita.

U ovom radu prikazuju se rezultati istraživanja na karakterističnom uzoru rude andezitskog tipa sa etaža 260/275 serija 580. Utvrđeno je da se ova ruda može uspešno valorizovati po postojećoj tehnologiji pri čemu se može očekivati iskorišćenje bakra od oko 89%, pri kvalitetu definitivnog koncentrata od oko 20% Cu.

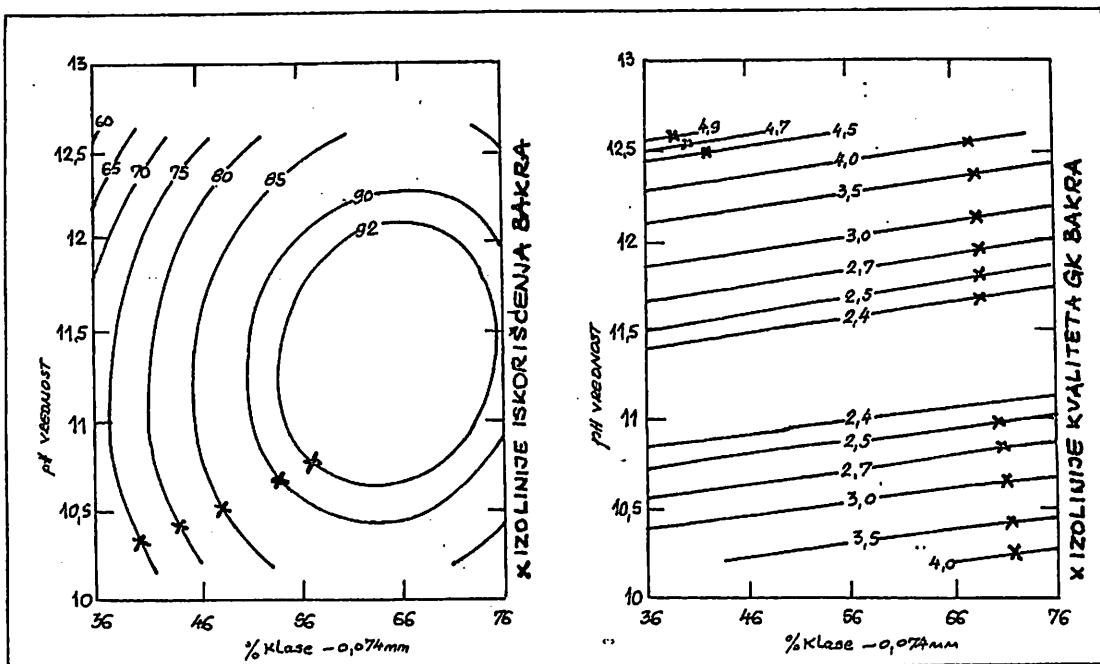
Uvod

U cilju održavanja nivoa proizvodnje bakra u rudniku Majdanpek duže vreme se vrše analize mogućnosti povećanja kapaciteta prerade rude i kroz tretiranja siromašne i vanbilansne rude sa sadržajem

bakra od 0,1 – 0,3 % kroz postojeća postrojenja i postrojenje koje je u izgradnji.

Neophodna istraživanja za uključivanje ove siromašne, vanbilansne rude izvršena su u Rudar-

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnom projektu „Izучавање relevantnih fenomenа у процесимаvalorizacije čvrstih mineralnih sirovina“.



Sl. 1. i 2. Zavisnost iskorišćenja bakra u koncentratu i kvalitet grubog koncentrata bakra od finoće mlica i pH vrednosti pulpe, pri konstantnoj količini kolektora

u drugoj fazi ispitivani najuticajniji od njih po utvrđenom matematičkom modelu. Dobijeni rezultati su obrađeni na računaru.

Obradom rezultata konstatovano je da su najuticajniji faktori: finoća mlevenja i pH vrednost pulpe. Vreme kondicioniranja i flotiranja, količina i tip kolektora, gustina pulpe i drugi faktori imaju znatno manji uticaj.

Dobijeni rezultati prikazani su na slikama 1 i 2. Završni opiti izrađeni su sa domeljavanjem grubog koncentrata i trostепениm prečišćavanjem u otvorenom ciklusu, a na osnovu dobijenih rezultata izrađen je prognozni bilans koncentracije (tablica 1).

Prognozni bilans koncentracije

Tablica 1

Proizvod	M %	Cu %	I Cu %
U	100,00	0,26	100,00
K	1,157	20,00	89,00
J	98,843	0,029	11,00

Zaključak

Izučavanje relevantnih parametara za preradu siromašne rude bakra Majdanpek (etaža 260/275, serija 580) potvrdilo je mogućnost uključivanja ove rude u tekuću proizvodnju. Pri tome je konstatovano sledeće:

- kod određivanja uticajnih parametara za koncentraciju ove rude dominantni uticajni parametri su finoća mlevenja, pH vrednost i delimično količina reagenasa, dok ostali parametri u procesu flotacijske koncentracije imaju mali uticaj,
- maksimalno iskorišćenje bakra u grubom koncentratu iznosi 90,12% i postiže se pri finoći mlevenja od 56% minus 0,074 mm i pH vrednosti pulpe od 11,40,
- kvalitet grubog koncentrata bakra za maksimalno iskorišćenje kreće se oko 2,05% Cu,
- završni opiti koncentracije koji su izvedeni sa domeljavanjem koncentrata i trostepenim prečišćavanjem u otvorenom ciklusu, ukazali su da se ova ruda sa tehničkog aspekta može uspešno koncentrisati. Pri tome se može očekivati iskorišćavanje bakra u definitivnom koncentratu od oko 89%, pri kvalitetu od oko 20% Cu.

SUMMARY

Valorization of Low Grade Majdanpek Deposit Non-Balance Copper Ores

In deposit Majdanpek peripheral sections significant amounts of low grade, non-balance copper ore are located. The objective of investigations carried out at the Mining Institute – Belgrade for several years is to determine flotability and other properties of the ores, i.e. to define which deposit sections may be valorized in line with existing technology. To-date seventeen low grade ore samples were treated indicated that two characteristic ore types exist: gnaiss and andesitic types. The gnaiss type is characterized by an increased clayey minerals content and the ore is relatively soft. The andesitic type is much harder with a lower content of pyrite.

The paper presents test results on a characteristic sample of andesitic ore type from benches 260/275 series 580. It was found that this ore may be successfully valorized by existing technology with expected copper recovery of about 89% at final copper concentrate containing about 20% Cu.

Literatura

1. Studija o ispitivanjima mogućnosti valorizacije minerala bakra iz siromašne rude ležišta Majdanpek, Rudarski institut Beograd, 1991.
2. Tehnička dokumentacija u arhivi RI-Beograd (tehnološke podloge za izgradnju flotacije Majdanpek, I, II i III faza).
3. Bpx. G.E.P., Wilson, K.B., 1957: Multi factor experimental design for explaining response surfaces, Ann. Math. Statist.,
4. Davies, O.L., 1978: The design and analysis of industrial experiments, Lougmau,
5. Himmelblau, M.D., 1970: Process Analysis by Statistical methods, J. Willey and Sons Inc.,
6. Konev 1985: Flotacija sulfidov, Moskva
7. Šubov, Ivankov, Ščeglova 1985: Flotacijski reagensi u procesima obogaćivanja Moskva
8. Bogdanov, Maksimov, 1990: Teorija i tehnologija flotacije rude. Moskva
9. Mineral processing plant design, 1978, New York.

PREDLOG NOVE TEHNOLOŠKE ŠEME ČIŠĆENJA UGLJA RESAVICA

(sa 2 slike)

Ivana Simović – Stevan Đokić – Mihajlo Canić

Rezime

Na osnovu detaljnih ispitivanja uzorka rovnog uglja Resavica, izvršenih u Rudarskom institutu, Beograd kao i na osnovu pozitivnog iskustva sa Parnaby procesom, predlaže se zamena dela postojeće separacije za čišćenje uglja Resavica novim Parnaby postrojenjem. Rezultati su pokazali da je isplativi uzorak uglja pogodan za čišćenje u Parnaby postrojenju i da se problem mulja može trajno rešiti.

Uvođenjem Parnaby procesa ostvarili bi se pozitivni efekti kroz snižavanje troškova energije i održavanja, ukidanje magnetita kao suspenzoida, smanjenje novonastale sitneži i mulja – zbog jednostavnog i brzog procesa i sniženje časovnog kapaciteta, što će omogućiti da postojeća oprema za odvodnjavanje mulja u potpunosti odgovara količini mulja. Na ovaj način bili bi zadovoljeni i visoki ekološki zahtevi u pogledu izdvajanja i deponovanja mulja.

Uvod

Separacija mrkog uglja Resavica je puštena u rad 1963. godine, a 1987. je izvršena rekonstrukcija u cilju povećanja kapaciteta i rešavanja problema izdvajanja i deponovanja otpadnog mulja separacije. Imajući u vidu da ni rekonstrukcija nije uspešno rešila tretman mulja pristupilo se ispitivanju mogućnosti primene Parnaby procesa, koji se dobro pokazao na primeru RU Bogovina.

Parnaby proces predstavlja jednostavni proces čišćenja uglja u autogenoj suspenziji (mulj i voda). Krupne klase čiste se u bubnju, a sitne u ciklonima, dok se mulj -0.5 (0.3) mm prvo koristi za autogenu suspenziju, a zatim se višak uklanja iz procesa i odvodi na zgušnjavanje, filtriranje i depovanje.

* Ovaj članak je rezultat rada na istraživačko razvojnom projektu „Nova tehnologija za čišćenje uglja u Resavici“.

U ovom članku dat je prikaz rezultata ispitivanja uzorka uglja Resavica, sa predlogom nove šeme tehnološkog procesa čišćenja.

Podaci o uzorku

Srednji reprezentativni uzorak rovnog uglja Resavica, mase 1,2 t, uzet je iz pogona separacije ručnim zaustavljanjem trake i skidanjem materijala sa dužine od 1 m. Uzorak je uziman tokom meseca novembra 1991. godine, tako da reprezentuje proizvodnju iz jama Senjski rudnik, Pasuljanske livade i Vodna. Udeo ovih jama u proizvodnji bio je 35, 20 i 45%, respektivno.

Osobine ispitivanog uzorka

U tablici 1 prikazani su rezultati tehničke i elementarne analize iz kojih se vidi da rovni ugalj Resa-

Tablica 1

komponenta	sa ukupnom vlagom	bez vlage	bez vlage i pepela
TEHNIČKA ANALIZA			
vlaga, %	15.00		
pepeo, %	32.60	38.35	
Sumpor ukupni, %	0.89	1.04	
Sumpor u pepelu, %	0.69	0.81	
Sumpor sagorljiv, %	0.20	0.24	0.38
Koks, %	56.22	66.14	45.08
C-fix, %	23.62	27.79	45.08
Isparljivo, %	28.78	33.86	54.92
Sagorljivo, %	52.40	61.65	100,00
Gornja topotna vrednost goriva, kJ/kg	14543	17110	27754
kcal/kg	3474	4087	6629
Donja topotna vrednost goriva, kJ/kg	13654	16470	26716
kcal/kg	3261	3934	6381
ELEMENTARNA ANALIZA			
Ugljenik ukupni, %	36.59	43.05	609.83
Vodonik, %	2.64	3.11	5.04
Sumpor sagorljiv, %	0.20	0.24	0.38
Azot + Kiseonik, %	12.97	15.26	24.75

vica, sa ukupnom vlagom od oko 15%, sadrži 32,60% pepela (38,35% na 105°C), 0,88% ukupnog sumpora (od koga 0,19% sagorljivog sumpora) 28,78 % isparljivih i 52,40 % sagorljivih materija. Donja topotna sagorevanja iznosi 13 654 kJ/kg. Čista ugljena supstanca, bez vlage i pepela, ima 69,83% ugljenika, 5,04% vodonika, 24,76 % azota i kiseonika i 54,92% isparljivih materija.

Analiza pepela iz rovnog uglja data u tablici 2 pokazuje da u pepelu ima 54,96% SiO₂ i da je, prema odnosu baznih i kiselih jedinjenja, reakcija pepela jako kisela.

Kompletan granulometrijski sastav, dobijen mokrim sejanjem, sa masenim udelima i sadržajem pepela na 105°C, je po klasama krupnoće prikazan u tablici 3 iz koje se vidi da je odnos klase +15 mm prema klasi – 15 mm približno 55% prema 45%. Sadržaj pepela u RU iznosi oko 35% (na 105°C) i opada od krupnih ka sitnim klasama, što ukazuje na veliku tvrdoču prateće jalovine koja se usitnjava od uglja. Udeo mulja – 0,5 mm iznosi 11,76 % sa 54,34% pepela (na 105°C).

Laboratorijska ispitivanja mogućnosti čišćenja

Laboratorijska ispitivanja mogućnosti čišćenja obuhvatila su pliva-tone analize, u vodenom rastvoru cinkhlorida rastućih gustina, sledećih klasa krupnoće: +100 mm, -100 + 60 mm, -60 + 30 mm, -30 + 15 mm, -15 + 5 mm, -5 + 3 mm i -3 + 0,5 mm. Na osnovu rezultata pojedinačnih P-T analiza, a prema masenim udelima klasa (iz tablice 3) oformljena je zbirna P-T analiza za ugalj Resavica krupnoće –190 + 0,5 mm, prikazana u tablici 4 i na slici 1 krivama čišćenja po Henry-Reinhardt-u.

Rezultati pokazuju da se ovaj ugalj može vrlo uspešno čistiti pri gustinama većim od 1,6 t/m³ što se vidi iz krive $\Delta \pm 0.1$ koja pokazuje vrlo niske vrednosti (ispod 6) za gustine preko 1,6 t/m³.

S obzirom da je maseni udeo međuproizvoda vrlo mal i njegovo izdvajanje nije opravdano odlučeno je da se ugalj Resavica čisti na dva proizvoda, čist ugalj i jalovinu, na gustini deljenja 1,8 t/m³.

Tablica 2

Sastoјci	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	reakcija
%	54.96	2.64	12.55	17.00	2.52	5.28	0.28	0.71	1.77	2.39	jako kisela

Tablica 3

KLASA KRUPNOĆE mm	MASA (105°C) M%	p%	FRAKCIJE ODSEVA		FRAKCIJE PROSEVA	
			$\Sigma M\% \downarrow$	p%	$\Sigma M\% \uparrow$	p%
– 190.00+100.00	17.26	53.21	17.26	53.21	100.00	35.33
– 100.00+60.00	12.15	39.31	29.41	47.47	82.74	31.60
– 60.00+30.00	13.07	30.12	42.48	42.13	70.59	30.27
– 30.00+15.00	14.33	26.47	56.81	38.18	57.52	30.31
– 15.00+10.00	7.35	22.11	64.16	36.34	43.19	31.58
– 10.00+5.00	10.71	23.30	74.87	34.47	35.84	33.52
– 5.00+3.00	4.63	23.01	79.50	33.81	25.13	37.88
– 3.00+0.50	8.74	23.61	88.24	32.80	20.50	41.24
– 0.50+0.00	11.76	54.34	100.00	35.33	11.76	54.34
ULAZ	100.00	35.33				

Uporedna analiza rezultata čišćenja u postojećim uređajima separacije u Parnaby postrojenju

Pri izradi ove analize pošlo se od P-T analiza klasa –190 + 15 mm i –15 + 0,5 mm kao i zbirne –190 + 0,5 mm na osnovu kojih je urađeno predviđanje rezultata čišćenja u teškoj i vodenoj sredini i u autogenoj suspenziji. Na osnovu predviđanja rezultata čišćenja, za industrijske uslove, u tablici 5 prikazan je uporedni pregled rezultata čišćenja uglja Resavica i to teoretski, u uređajima u postojećoj separaciji i u Parnaby postrojenju.

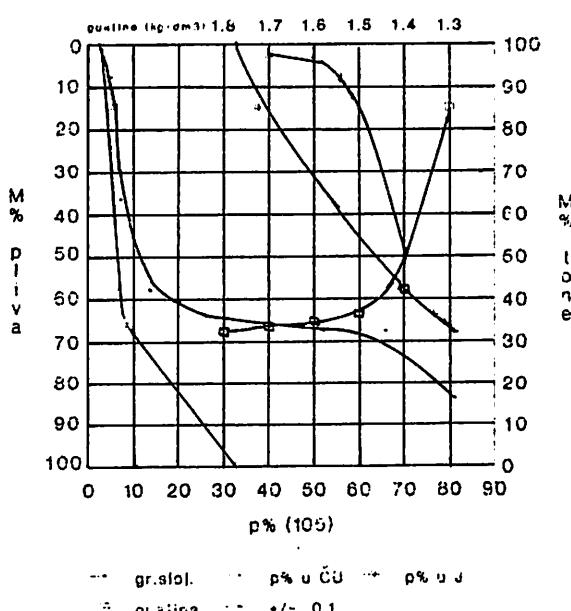
Razlike u dobijenim rezultatima su neznatne pa se sasvim opravdano može usvojiti Parnaby proces kao daleko jевтинiji proces koji zadržava dobre rezultate čišćenja, bliske teoretskim. Visoki kvalitet čistog uglja omogućava da se u Parnaby procesu krupni deo mulja, –0,5 + 0,3 mm, čiji je udeo 3,42 % sa 36% pepela na 105°C, može dodati sitnom čistom uglju –5 + 0,5 mm i u tom slučaju skupni bilans čišćenja bilo bi kao u tablici 6.

Na ovaj način povećava se ukupno iskorušeno čistog uglja uz neznatno pogoršavanje kvaliteta, a smanjuje se i udeo mulja koji ide na skupni tretman otpadnih voda. Ako se krupni mulj pridoda samo sitnom uglju –5 + 0,5 mm onda se kvalitet sitnog uglja pogoršava do oko 18% p (105°C), što ne ugrožava plasman ovog uglja.

Laboratorijska ispitivanja mulja

Parnaby proces najčešće ima tretman mulja zaokružen zatovrenim ciklusom u kome se otpadni mulj tretira najpre u zgušnjivaču, a zatim na horizontalnom filteru sa trakom, pri čemu su preliv zgušnjivača i filtrat filtera povratna voda za proces. U cilju definisanja osobina mulja, potrebnih za pravilan izbor tretmana mulja, izvršena su laboratorijska ispitivanja koja su obuhvatila određivanje granulometrijskog sastava i kvaliteta mulja, opite zgušnjavanja, opite filtriranja i proveru mogućnosti stvaranja autogene suspenzije.

S obzirom da se krupni mulj –0,5 + 0,3 mm pridodaje čistom uglju osobine mulja određene su na mulju krupnoće –0,3 + 0 mm, koji je u rovnom uglju zastupljen sa 8,32%. Sadržaj pepela u ovom mulju iznosi 61,53% (na 105°C) i raste sa opadanjem krupnoće, da bi u klasi –44 m, čiji je maseni udeo u odnosu na klasu oko 40%.



Slika 1.

Tablica 4

GUSTINA g/cm ³	MASA (105°C) M%	PEPEO (105°C) p%	FRAKCIJA KOJA PLIVA		FRAKCIJA KOJA TONE	
			Σ M% ↓	(M%p%)/M%	Σ M% ↑	(M%p%)/M%
- 1.30	15.09	4.99	15.09	4.99	100.00	32.80
1.30 – 1.40	42.80	7.18	57.89	6.61	84.91	37.74
1.40 – 1.50	5.78	20.08	63.67	7.83	42.11	68.81
1.50 – 1.60	1.76	30.81	65.43	8.45	36.33	76.56
1.60 – 1.70	0.97	40.26	66.40	8.91	34.57	78.89
1.70 – 1.80	1.29	50.51	67.69	9.71	33.60	80.00
+ 1.80	32.31	81.18	100.00	32.80	32.31	81.18
ULAZ	100.00	32.80				

Tablica 5

Klasa krupnoće (mm)	Teoretski				Separacija Ep = 0,090 „Resavica“ Im = 0,160				Parnaby proces	Ep = 0,070
	Proizvod M%	M% na RU	P%	M%	M % na RU	P%	M%	M% na RU		
- 15 mm	ČU	60,19	34,19	8,85	60,98	34,64	10,03	–	–	–
	J	39,81	22,61	82,53	39,02	22,16	82,17	–	–	–
- 15 + 0,5	ČU	81,25	25,46	10,85	75,86	23,77	9,33	–	–	–
	J	18,75	5,88	76,00	24,14	7,57	66,24	–	–	–
Ukupno:	ČU	–	59,65	9,70	–	58,41	9,74	67,54	59,60	9,69
	J	–	28,49	81,18	–	29,73	78,11	32,55	28,72	80,68
- 0,5+0 odnosno - 0,3+0	–	11,76	54,34	–	11,76	54,34	–	11,76	54,34	–
RU	–	100,00	35,31	–	100,00	35,31	–	100,00	35,34	–

Opiti zgušnjavanja rađeni su standardnim laboratorijskim postupkom u graduisanim menzurama pri početnim gulinama od 50, 100 i 150 g/l, bez dodatka flokulanta, i pri gulinji od 100 g/l sa dodatkom flokulanta A 100, koncentracije 0,1%, u dozama 20, 40 i 60 g/t. Zaključak ovih opita je da se flokulant mora primeniti i to u relativno maloj dozi, 40 - 60 g/t Širog mulja, kako bi se postigla konačna gudina taloga od oko 32% Č.

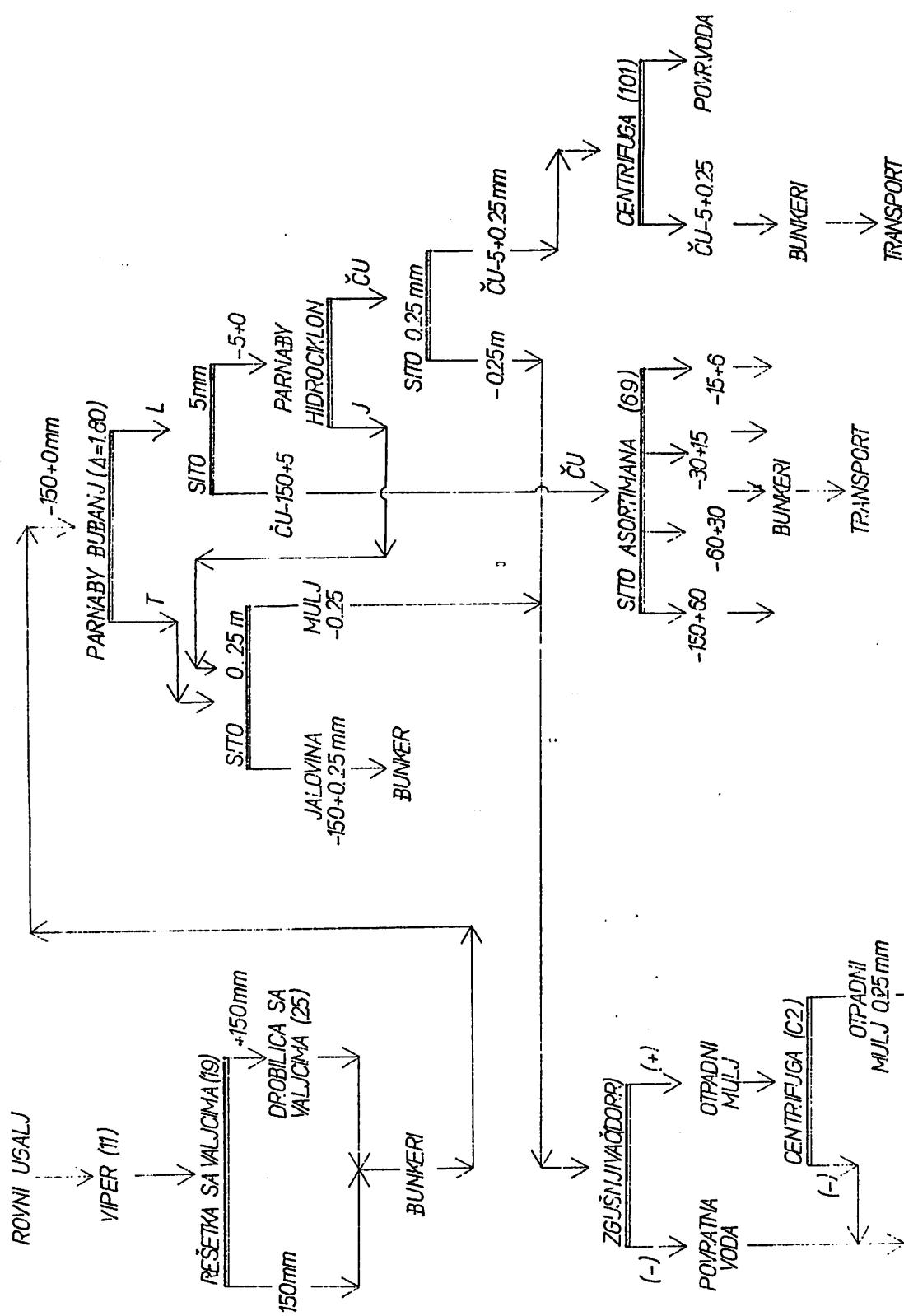
Opiti filtriranja rađeni su standardnom procedurom Buchner testa i to tako što je zgušnuti mulj (gudine 30 - 40 % Č) iz opita zgušnjavanja filtriran na

pamučnom platnu otvora 5 m, bez dodatog flokulanta i sa flokulantom A 100, pri različitim dozama. Dobijeni rezultati ukazuju na to da flokulant ima značajnu ulogu na porast specifičnog kapaciteta filtriranja, tako se sa upotreboom flokulanta A 100 u dozi od 60 g/t dobija „kek“ sa oko 32% vlage sa specifičnim kapacitetom od oko 600 kg/m²/h. Kako bi se ustanovio i uticaj krupnoće opita su rađeni na mulju krupnoće -0,3 mm i -0,074 mm i konstatovano je da specifični kapacitet filtriranja opada sa povećanjem udela finog mulja. Usvajanjem krupnoće od -0,3 mm za proces filtriranja unapredio bi se postojeći tretman mulja u separaciji Resavica kako u tehnološkom i ekonomskom, tako i u ekološkom smislu.

Za primenu Parnaby procesa značajno je provjeriti mogućnost stvaranja autogene suspenzije od mulja, što je i urađeno i zaključeno je da se već kod 20% zapreminske koncentracije lako ostvaruje gudina pulpe od oko 1,20 kg/l, što odgovara gudini od 1,70 kg/l u dinamičkim uslovima.

Tablica 6.

Proizvodi	M, % na RU	P, % na 105°C
ČU	59,60	9,69
mulj -0,5 + 0,3 mm	3,42	36,00
Σ ČU	63,04	11,12
J	28,72	80,68
mulj -0,3 + 0 mm	8,34	61,93



Slika 2. – Tehnološka šema čišćenja rovnog uglja „resavica“ u „parnaby“ postrojenju

Predlog nove tehnološke šeme čišćenja uglja u Resavici

Analiza dobijenih rezultata pokazala je da je rovni ugalj Resavica izuzetno pogodan za svaku vrstu čišćenja, uključujući i Parnaby postupak. Imajući u vidu jednostavnost i ekonomičnost ovog procesa kao i trajno rešavanje tretmana mulja, uz maksimalno korišćenje postojećih objekata i opreme, predlažemo primenu Parnaby procesa koji bi se sastojao u sledećem (slika 2):

- rovni ugalj se doprema vagonetima do vepara (11) a zatim se na rešetki sa valjcima (19) ugalj razdvaja na +150 (120) mm i -150 (120) mm
- krupan ugalj +150(120) mm se usitnjava u drobilici sa nazubljenim valjcima (25), a zatim se celokupni ugalj -150(120) +0 mm upućuje u bunkere rovnog uglja
- iz bunkera rovnog uglja ugalj se trakom upućuje na čišćenje u Parnaby postrojenje
- u Parnaby bubenju se obavlja čišćenje uglja u autogenoj suspenziji i izdvaja se teška frakcija, odnosno krupna jalovina, koja se odvodnjava na situ otvora 0,25 mm i laka frakcija, odnosno čist ugalj koji se zajedno sa suspenzijom, preliva na situ otvora 5 mm gde se otkapava, a zatim pod mlaznicama pere vodom i trakom odvodi u postojeću zgradu separacije, gde se na situ (69) sortira u prodajne assortirane i smešta u bunkere
- sitan ugalj -5 mm i autogena suspenzija upućuju se pumpom u hidrociklone gde se odvija čišćenje sitnog uglja i gde se dobija sitna jalovina -5 + 0,25 mm, koja se odvodnjava na istom situ gde i krupna jalovina, i sitni čist ugalj -5 + 0,25 mm, koji se odvodnjava na lučnim sitima, a zatim pere na posebnom situ otvora 0,25 mm posle čega se upućuje u zgradu separacije gde se u postojećoj centrifugi (101) dodatno odvodnjava i smešta u postojeći bunker sitnog uglja.
- otpadni mulj -0,25 mm odvodi se jednim delom natrag u proces, a drugim delom pumpom do postojećeg zgušnjivača gde se uz dodatak flokulanta vrši taloženje, a zatim se zgusnuti mulj upućuje pumpom u centrifugu za mulj, pa potom cisternama odvodi do jalovišta
- sve povratne vode se vraćaju u proces zajedno sa svežom vodom koju je neophodno dodavati u količini izgubljenoj kroz proces čišćenja.

Novom tehnološkom šemom čišćenja uglja Parnaby procesom pri gustini deljenja $1,80 \text{ kg/m}^3$ dobili bi se sledeći proizvodi – Tablica 7.

Tablica 7.

Proizvodi	M, % (105°C)	p, % (105°C)
komad	14,48	8,35
kocka	9,09	8,45
orah	10,63	9,62
grah	14,73	10,77
sitni + mulj	14,25	18,28
$\Sigma \text{ČU}$	63,18	11,38
ΣJ	28,50	80,83
otpadni mulj -0,25 mm	8,32	61,93
RU	100,00	35,33

Zaključak

Sprovedena ispitivanja obuhvatila su sva potrebna proučavanja neophodna za ocenu mogućnosti primene Parnaby procesa za čišćenje rovnog uglja Resavica.

Rezultati su pokazali da se rovni ugalj sa 32,60% pepela (38,35% na 105°C) i 15% vlage može uspešno čistiti Parnaby procesom pri gustini od $1,80 \text{ kg/m}^3$, na dva proizvoda – čist ugalj i jalovinu.

Osobine mulja -0,3 mm ukazuju da se ovaj mulj može koristiti za autogenu suspenziju i da se sa lakoćom može tretirati u postojećim uređajima za odvodnjavanje.

Uvođenjem Parnaby procesa postigli bi se mnogi pozitivni efekti: sniženje materijalnih troškova, troškova energije i održavanja, uklanjanje magnetita kao suspenzoida i korišćenje jednog dela mulja za autogenu suspenziju, smanjenje novostvorene sitneži zbog jednostavnosti i brzine procesa, sniženje časovnog kapaciteta prerade, a time i časovnog kapaciteta mulja. Nova šema tehnološkog procesa sastojala bi se u sledećem:

- ugalj se prihvata, usitnjava i skladišti u bunkerima rovnog uglja, što predstavlja postojeće objekte
- čišćenje rovnog uglja u Parnaby postrojenju
- sejanje, odvodnjavanje i deponovanje čistog uglja, takođe u postojećim objektima
- odvodnjavanje otpadnog mulja -0,25 mm u postojećim uređajima

Uz oštrinu odvajanja $Ep = 0,070$ koja se sa lakoćom može postići, u Parnaby procesu se, pri gustini deljenja od $1,80 \text{ kg/m}^3$, može dobiti oko 63,04% čistog uglja sa 11,12% pepela na 105°C , oko 28,72% jalovine sa 80,68% pepela na 105°C , oko 8,34% otpadnog mulja sa 61,93% pepela na 105°C .

SUMMARY

Proposal of a New Flow-Sheet for Resavica Coal Cleaning

Based on detailed tests on „Resavica” raw run coal sample completed at the Mining Institute – Belgrade, as well as on favorable experiences gained with the Parnaby process, replacement of a part of the existing Resavica coal cleaning separation with a new Parnaby plant is proposed. Results proved that the tested coal sample is suitable for cleaning in a Parnaby plant and that the mud problem may be permanently solved.

Introduction of the Parnaby process would afford favourable effects reflected by power and maintenance costs decrease, omitting magnetite as a suspensoide, decrease of newly produced fines and mud due to a simple and fast process and hourly output, enabling complete handling of the volume of mud by the existing mud dewatering equipment. This will also meet the strict ecological requirements related to mud separation and disposal.

Literatura

1. Đokić, S., Canić, M., Šer, V., 1991: Novo Parnaby postojanje za čišćenje uglja u Bogovini, XIII simpozijum PMS – Lepenski Vir
2. Leonard, J., 1979: Coal Preparation AIMMPE, USA
3. Olivier, P., 1986: Introduction to Paranby process, BMS Belgium
4. Studija mogućnosti čišćenja uglja „Resavica” sa elementima potrebnim za Parnaby proces, RI 1992.

ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI SUPSTITUCIJE KREČA KAO REGULATORA pH SREDINE OTPADNIM NaOH U FLOTACIJI BAKRA VELIKI KRIVELJ

(sa 4 slike)

Branimir Monevski – Milan Milošević – Živorad Lazarević

Rezime

Izvršena su ispitivanja mogućnosti supstitucije kreča kao regulatora pH vrednosti otpadnim NaOH na porfirskoj rudi bakra iz ležišta Veliki Krivelj. Dobiveni rezultati ukazuju da je moguće uvesti delimičnu supstituciju kreča, otpadnim NaOH, pri čemu se postižu značajni ekonomski i tehnološki efekti.

Uvod

U našim flotacijama bakra kao regulator pH sredine koristi se industrijski kreč koji se proizvodi u krečanama Kučevu i Zagrađe. U proces koncentracije rude dodaje se u obliku krečnog mleka. Proces flotacijske koncentracije minerala bakra odvija se u visoko baznoj sredini (u dijapazonu od 10,5 do 12). Za postizanje ovih pH vrednosti potrebno je utoštiti, u zavisnosti od karaktera rude, više kilograma industrijskog kreča po toni prerađene rude. Zbog toga je učešće troškova nabavke kreča u ukupnoj strukturi troškova proizvodnje relativno veliko.

U cilju povećanja ekonomičnosti proizvodnje već duže vreme se čine naporci da se pronađe odgovarajući, ali, jeftiniji regulator pH vrednosti. U tom smislu već su vršena ispitivanja sa kalcijskim pepe-

lom iz naših termoelektrana (pepeo iz uglja Bogovina – TE Bor, pepeo iz uglja u TE Gacko). Iako su dobiveni pozitivni rezultati, upotreba pepela nije našla primenu u našim flotacijama.

Otpadni NaOH koji je predmet ovih ispitivanja, predstavlja otpadni materijal iz livaarske industrije u kojoj se koristi za čišćenje odlivaka. Kada, nakon određenog broja ciklusa postane neupotrebljiv za tu namenu, skladišti se u metalnim buradima uz sve mere potrebne za ekološku zaštitu okoline. Ovakav NaOH, posle nekog vremena prelazi u oblik amorfne čvrste mase. Količina rastvornog NaOH prelazi 60%, dok prateće primese sačinjavaju kvarc i minerali keramike. U uzorcima otpadnog NaOH nisu utvrđeni otrovni elementi i teški metali.

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnom projektu „Izučavanje relevantnih fenomena u procesima valorizacije čvrstih mineralnih sirovina“.

U fizičkom pogledu otpadni NaOH predstavlja veoma čvrstu masu što otežava primenu, jer je za njegovu pripremu neophodno prethodno usitnjavanje.

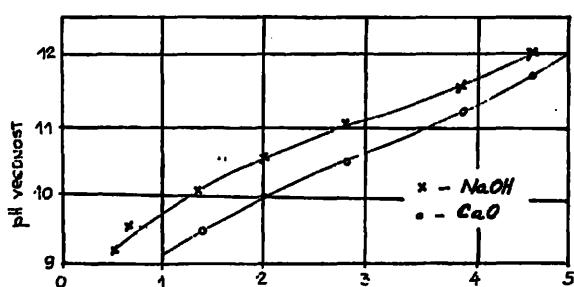
Laboratorijska ispitivanja

Uzorak rude za laboratorijska ispitivanja uzet je iz redovne proizvodnje u flotaciji Veliki Krivelj sa sadržajem bakra od 0,42% i sadržajem sumpora od 1,5%.

Utrošak kreča odnosno otpadnog NaOH za regulaciju pH vrednosti pulpe u tretiranom uzorku prikazan je na sl. 1.

Laboratorijskim optima flotiranja ispitivan je uticaj tri faktora na tehnološke rezultate i to: vreme flotiranja, finoča mlica i pH vrednost pulpe. Pri tome su paralelno izvođeni optimi flotiranja uz korišćenje kreča, odnosno otpadnog NaOH kao regulatora pH vrednosti sredine.

Ostali uslovi izvođenja opita kao što su gustina pulpe, količina i vrsta flotacijskih reagenasa i drugi održavani su na nivou uslova koji vladaju u tekućoj proizvodnji.



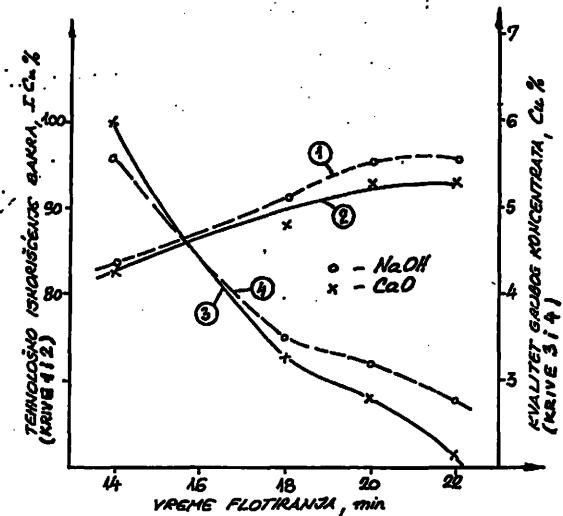
Sl. 1. Zavisnost pH vrednosti pulpe od utroška CaO i NaOH kao regulatora pH sredine

Ispitivanje uticaja vremena flotiranja

Ispitivanje uticaja vremena flotiranja obavljeno je pri sledećim uslovima:

- vreme flotiranja 14, 18, 20 i 22 min.
- finoča mlica 60% - 0,074 mm
- pH vrednost pulpe 11,2
- količina kolektora 50 g/t

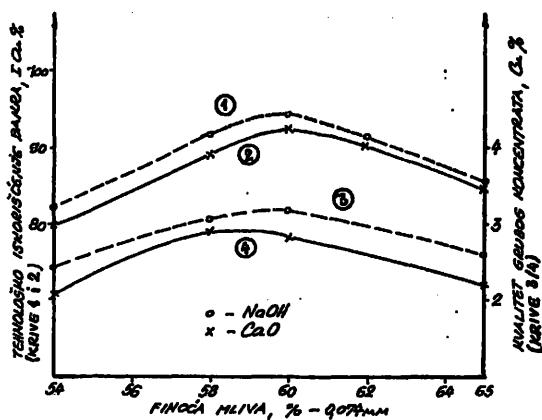
Pod ovim uslovima, kao regulator pH vrednosti sredine korišćen je CaO u prvoj grupi opita, odnosno otpadni NaOH u drugoj grupi. Dobiveni rezultati prikazani su grafički na sl. 2.



Sl. 2. Uticaj dužine vremena flotiranja na kvalitet grubog koncentrata i iskoršćenje bakra pri korišćenju CaO i NaOH kao regulatora pH sredine

Ispitivanje uticaja finoče mlice

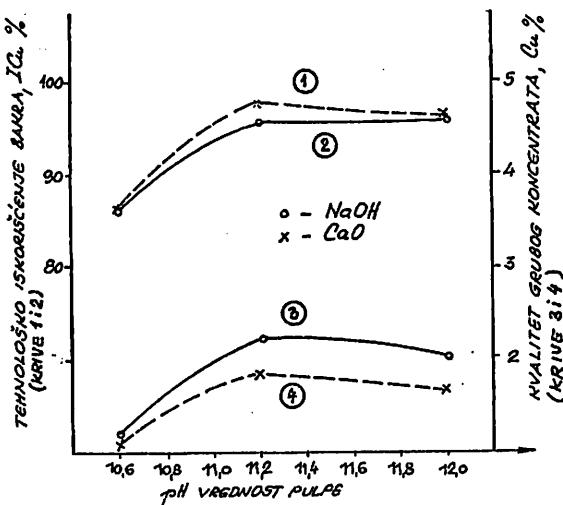
Ispitivanje uticaja finoče mlice na tehnološke rezultate izveden je sa vremenom flotiranja od 20 minuta, finoča mlica od 54, 58, 60 i 65% minus 0,074 mm, dok su ostali uslovi zadržani kao u prethodnim optima. Dobiveni rezultati prikazani su grafički na sl. 3.



Sl. 3. Uticaj finoče mlice na kvalitet grubog koncentrata i iskoršćenje bakra pri korišćenju CaO i NaOH kao regulatora pH sredine

Ispitivanje uticaja pH vrednosti pulpe

Ispitivanje uticaja pH vrednosti pulpe na tehnološke rezultate izvedeno je u opitima sa vremenom filiranja od 20 minuta, finoćom mliva 60% minus 0,074 mm, i ostalim uslovima kao u prethodnim ispitivanjima, osim pH vrednosti pulpe koja je varirana u vrednostima 10,6; 11,2 i 12. Dobiveni rezultati prikazani su grafički na sl. 4.



Sl. 4. Uticaj promene pH vrednosti pulpe na kvalitet grubog koncentrata i iskorišćenje bakra pri korišćenju CaO i NaOH kao regulatora pH sredine

Zaključak

Na osnovu dobijenih rezultata laboratorijskih opita uočljivo je da se sa otpadnim NaOH može uspešno izvršiti potpuna ili delimična supstitucija kreča u procesu flotiranja bakra u Velikom Krivelju, što treba potvrditi daljim industrijskim ispitivanjima. Pri tome se mogu očekivati nešto bolji rezultati u pogledu iskorišćenja bakra, a značajno bolji rezultati u pogledu kvaliteta definitivnog koncentrata.

Delimičnom supstitucijom mogli bi se ostvariti sledeći korisni efekti:

- ekonomski efekti s obzirom da je otpadni NaOH višestruko jeftiniji od kreča, a takođe i da se za postizanje potrebnih vrednosti pulpe u procesu troše manje količine NaOH u odnosu na kreč (za oko 30%),
- uštede uvozne gorive koje se koristi za pečenje kreča (za proizvodnju 1 t kreča troši se oko 90 l mazuta),
- poboljšanje tehnoloških rezultata, tj. iskorišćenje bakra, a posebno kvaliteta definitivnog koncentrata što je rezultat stvaranja uslova selektivnosti u procesu flotiranja, tako da je i stepen koncentracije značajno veći. U tehnološkom smislu ova činjenica pruža velike pogodnosti, s obzirom da se rastečeće prečišćavanje i domeljavanje koncentrata.

Kao negativna karakteristika otpadnog NaOH može se navesti nešto teže manipulisanje i pripremanje za doziranje u tehnološki proces, međutim, uz preduzimanje potrebnih mera, ova negativna karakteristika može se eliminisati.

Kod potpune supstitucije treba očekivati nešto povećanu potrošnju penušača, međutim, delimičnom supstitucijom, i ovo se može eliminisati.

SUMMARY

Possibility of Substitution of Lime, as a pH Regulator, for Residual NaOH, In the Copper Flotation Plant – Veliki Krivelj

Researches have been carried out to determine different possibilities of substitution of lime, as a pH regulator for residual NaOH, on porphyritic copper ore from Veliki Krivelj deposit. The accomplished results indicate that partial substitution of lime for residual NaOH is possible, thus achieving considerable economic and technological effects.

Literatura

1. Studija mogućnosti upotrebe filterskog pepela TE Gacko za regulisanje alkalnosti pulpe u flotacijama – RI-Beograd, 1987.
2. Tehnički izveštaj o izvršenim laboratorijskim opitima zame- ne kreča pepelom iz TE Gacko u procesima selektivne flotacije minerala bakra i cinka – RI Beograd, 1987. god.
3. Stanojlović, Budić, Knežević, Spasojević, Radošević, Jova-nović, Stanojlović: Ispitivanje mogućnosti primene pepela iz termoelektrane Bor, kao regulatora pH sredine u proce-sima flotacijske koncentracije minerala bakra – Tehnika br. 2/87, Beograd
4. Supstitucija kreča kao regulatora pH sredine pepelom iz TE Gacko u flotaciji bakra Bučim – Rudarski glasnik, 2/1989. Beograd.

Autori: dipl. inž. Branimir Monevski, dipl. inž. Milan Milošević, dr inž. Živorad Lazarević, Rudarski Institut, Beograd
Recenzent: dr inž. Božidar Branković, Rudarski Institut, Beograd
Članak primljen 28.12.1992..

Ventilacija i tehnička zaštita

Finansira Ministarstvo za nauku
i tehnologiju Republike Srbije*

UDK 622.511 : 622.271 „KOSTOLAC“
Stručni rad

ISPITIVANJE MOGUĆNOSTI SANACIJE AEROZAGAĐENJA POVRŠINSKOG KOPA DRMNO – KOSTOLAC I OKOLINE OD LETEĆIH PESKOVA I PRAŠINE

(sa 4 slike)

Nikola Pajkić – Danilo Jakšić – Nebojša Kostović

Rezime

Saradnici Basena Kostolac i Rudarskog instituta – Beograd radili su zajedno na ispitivanjima mogućnosti sanacije aerozagađenja u okolini površinskog otkopa Drmno, od „letećeg“ peska i prašine, korišćenjem mineralnih komponenti ležišta kao vezivnog sredstva. Mineralne komponente koje sadrže glineno-lesne elemente, danas se smatraju jalovinom te se transprotuju i deponuju na odlagališta. Ideja autora je, da baš ova jalovina postuži za prekrivanje delova terena koji su zbog eolske erozije potencijalni zagađivači životne sredine u okolini površinskog otkopa Drmno.

Uvod

Krovinu površinskog kopa ležišta uglja Drmno – Kostolac pretežno sačinjavaju kvarcnofeldspatski pesak fine granulacije, glinene i lesne naslage. Tehnološkim postupkom eksploatacije predviđeno je da se ovaj jalovinski materijal odlaže na spoljne odlagalište.

Kako je lokacija odlagališta u blizini okolnih naselja i terena zasejanog poljoprivrednim kulturama povremeno, pod uticajem veta dolazi do podizanja

„oblaka“ fine prašine koja značajno ugrožava, kako radnu sredinu samog rudnika, tako i bližu okolini površinskog kopa i odlagališta.

Polazeći od složenosti ove problematike stručnjaci Rudarskog instituta i rudnika, tragajući za načinom rešavanja aerozagađenja u okolini površinskog kopa došli su na ideju da se počne sa ispitivanjima mogućnosti sanacije aerozagađenja primenom mineralnih komponenti ležišta kao vezivnog sredstva.

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnog projektu „Isputivanje mogućnosti sanacije aerozagađenja površ. kopa Drmno-Kostolac i bliže okoline od letećih peskova i prašine primenom mineralnih komponenti ležišta kao vezivnog sredstva“.

vnog sredstva koja su danas jalovišna masa. Ovaj članak je prikaz navedenih ispitivanja.

Karakterizacija mineralnih komponenata ležišta

Urađena je granulo-analiza na dve vrste uzo-raka kvarcnog peska (beli i žuti). Iz granulometrijskog sastava ovih peskova se vidi da je u žutom pesku povećana zastupljenost sitnijih frakcija, i da maseni udeo klase krupnoće – 0,1 mm iznosi oko 80%.

Takođe su urađene i hemijske analize na uzorcima rovnog belog i žutog peska kao i lesnih naslaga i gline.

Uzorci peskova su približnih hemijskih sastava.

Lesne naslage i gline nalaze se sasvim na površini iznad peskovitih naslaga koje leže na samom ugljenom sloju. Ove naslage su različite moćnosti i na pojedinim delovima mogu da budu debljine nekoliko metara. Najčešće su izmešane sa kvarcnim peskom zbog čega je hemijski sastav bogat sadržajem SiO_2 .

Metodologija

Na osnovu navedenih granulometrijskih i hemijskih analiza došlo se do zaključka da bi se moglo pristupiti ispitivanjima, kako bi se hidromešavinom peskova i lesnih naslaga nasipavale površne terena koje su potencijalni zagadivači životne sredine prašinom.

Imajući u vidu činjenicu da sva do sada primjena rešenja kao i rezultati istraživanja na rešavanju ovog ekološkog problema, nisu dali trajnu zaštitu životne i radne sredine, predloženo je ispitivanje potpuno novog tehničko-tehnološkog pristupa. Reč je o metodu, koji do sada nije primljen u jugoslovenskoj praksi, a koji se sastoji u sledećem:

- radne površine na kojima su završeni rudarski radovi i površine odlagališta koje su izvor kontami-

nacije vazduha česticama mineralne prašine, prekrivaju se odgovarajućim slojem suspenzije koju čine: mineralne komponente krovine ležišta (lesne naslage, pesak, gлина), voda, vezivna supstanca (po potrebi)

- na završnim površinama, uporedno sa sanacijom tla vrši se završna i trajna rekultivacija
- deo krovine koji ulazi u sastav suspenzije kao i humusne materije transportuju se do postrojenja za pripremu suspenzije postojećim ili novim transportnim sistemom, a do površina koje treba na-suti hidrotransportom.

Predloženi metod zahteva je odgovarajuća laboratorijska i „in situ“ istraživanja, pa je sem ispitivanja fizičko-hemijskih karakteristika materijala iz ležišta koji će se koristiti u daljim istraživanjima, rad nastavljen u dve faze:

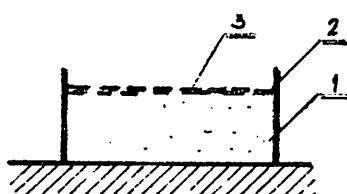
- ispitivanja i praćenje na modelima u laboratoriji Rudarskog instituta
- poluindustrijska ispitivanja na terenu.

Laboratorijska Ispitivanja

Sa površinskog kopa Drmno i odlagališta do-nešeni su uzorci gline – leša i peska u količini od cca 300 kg. U međuvremenu su napravljene tri leje – ramovi od dasaka bez dna, veličine 60x40x20 cm. Leje, uslovno nazvane modeli, su postavljene na betonsko postolje. U modele je ubaćen kvarcni pesak sa odlagališta u visini 10 – 12 cm, bez ikakvih dodataka (slike 1, 2 i 3). U svaki od modela, preko peska, sipana je hidromešavina glinovitog humusa. U model br. 1 sipana je mešavina sa 30% čvrste mase. U model br. 2 sipana je mešavina sa 30% čvrste supstance. U model br. 3 sipana je mešavina supstance sa 50% čvrstoga.

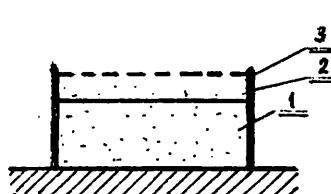
Posle nekoliko dana došlo je do stvaranja glinovite kore debljine 1 – 2 cm. Kora je ispucala u više geometrijskih tela nepravilnog oblika prečnika do desetak santimetara.

U model br. 2 ponovo je ubaćena mešavina gline i humusa a preko toga nabačeno je seme trave za parkove.



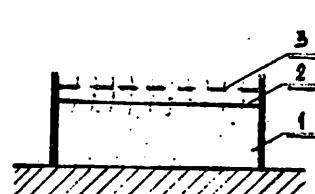
Sl. 1. Model br. 1

1. Pesak (10-12 cm)
2. Hidromešavina (1-2 cm)
3. Glinovita kora (ispucala)



Sl. 2 Model br. 2 i 3

1. Pesak (10-12 cm)
2. Hidromešavina (1-2 cm)
3. II hidromešavina (1-2 cm)



Sl. 3. Model 2 i 3 sa travom

1. Pesak
2. Hidromešavina
3. Trava

U model br. 3 preko postojeće glinovite kore sipana je hidromešavina sa 50% čvrste faze u koju je ubaćeno seme trave. Debljina novog sloja u oba modela je oko 2 cm.

Posle 5-6 dana u oba modela porasla je trava visine oko 2 cm. Posle 15 dana trava je porasla oko 10 cm visine.

Zbog male debljine sloja peska i jakih vrućina u junu-julu 1992. vršilo se svakodnevno zalivanje. Zalivanje je obavljeno jedanput dnevno i to ujutro.

Drugi sloj hidromešavine sa semenom nije imao pukotine, kao što je imao prvi sloj, već samo nekoliko geometrijskih tela nepravilnog oblika na celoj površini modela. To se objašnjava time što se prvim nasipanjem kvarni pesak kao teža frakcija nataložio u donjem sloju, a iznad njega je ostalo glinoviti sloj koji je posle sušenja ispucao. Stvorene sitne površine nepravilnog oblika povile su se prema gore.

Prvi sloj hidromešavine (glinovite površine) nije dozvolio da voda iz drugog nasipanja prođe brzo u peskovitu podlogu pa je drugi sloj bio kompaktniji – u njemu se vлага mogla duže zadržati, jer nije došlo do nagle segregacije kao pri prvom nasipanju.

Nakon 20 dana travu smo „ošišali“ i kontrolom je ustanovljeno da je trava pustila žilice, koje su probile oba sloja hidromešavine i prodrije u peskovitu podlogu. Dužina žilica je iznosila 5-7 cm.

Ovako stvoren sloj hidromešavine sa travom stvorio je kompaktno tlo koje ne dozvoljava podizanje prašine.

Nastanak istraživanja – Ispitivanja na terenu

Na osnovu podataka dobijenih u laboratorijskim uslovima, nastavila bi se ispitivanja na terenu, tj. na odlagalištu jalovine površinskog otkopa Drmno – Kostolac.

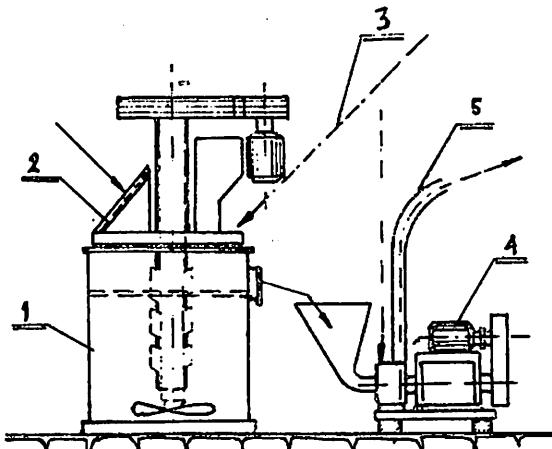
Logično je, da su na terenu drugačiji uslovi, pa bi se moglo u hidromešavinu dodavati neke primese kao: dubrivo, kreč, pepeo iz termoelektrane i dr., kao i seme biljnih kultura koje bi se sadile u zavisnosti od završnih radova na odlagalištu i kvaliteta zemljišta.

Prethodno bi se u kondicioneru napravila hidromešavina glinovito-lesnih naslaga sa vodom uz odgovarajući udio čvrste faze i nasipavala po površini terena na odlagalištu. U hidromešavinu bi se ubacilo seme trave (ili sejalo naknadno, na već stvorenu površinu zaštitnog sloja). Svakodnevno bi se

pratilo stanje i na osnovu saznanja vršile korekcije po pitanu: gustine, debljine sloja, vrste kulture kao i dodatka supstance, koje bi na najbolji način doprinele, stvaranju kompaktnog tla sa koga se nebi podizale sitne čestice prašine.

Na slici 4 prikazano je postrojenje za pravljenje hidromešavine, a poluindustrijski opit bi se odvajao po narednom opisu.

Na odlagalištu jalovine, gde je moguće izvršiti priključak na vodovodnu i struju mrežu, postavio bi se kondicioner, poz. 1. U rezervoar kodicionera preko zaštitne mreže, poz. 2, ubacivale bi se glineno-lesne naslage sa površinskih delova ležišta. Istovremeno bi se u kondicioner ubacivala i odgovarajuća količina vode, poz. 3, uz stalno mešanje dok se ne postigne odgovarajuća gustina. Iz kondicionera bi se pulpa odvodila u muljnu pumpu, poz. 4, a na pumpu bi se priključio na cevovod, poz. 5, kojim bi se transportovala hidromešavina do mesta gde je predviđeno nanošenje mešavine.



SI. 4.
LEGENDA
1. kondicioner
2. mreža
3. voda
4. pumpa
5. crevo

Zaključak

Izvršena laboratorijska ispitivanja ukazuju, da je moguće sanirati aerozagadenje okoline odlagališta površinskog otkopa Drmno, primenom mineralnih komponenti ležišta kao vezivnog sredstva. Takođe su laboratorijska ispitivanja dala pozitivne rezultate u pogledu mogućnosti trajne rekultivacije površina odlagališta.

SUMMARY

Possibilities of Restoring the Conditions Prior to Air Pollution with Volatile Sands and Dust on the Open Pit Mine Drmno – Kostolac

The professional staffs of Kostolac Basin and of Mining Institute – Belgrade, are jointly researching the possibilities and methods to restore the conditions prior to air pollution with volatile sands and dust on the open pit mine Drmno. These methods are based upon the application of mineral components of the deposits, as a binding agent. Mineral components containing clay – loess elements are considered nowadays as tailings and are transported and dumped as such. The author's idea is to use this very tailing for the covering of some parts of the terrain which are, due to eolian erosion, potential pollutants of the environment of Drmno openpit.

Literatura

1. Tehnološka ispitivanja mogućnosti valorizacije kompleksne mineralne sirovine krovine ugljenog sloja ležišta „Drmno” – Kostolac, Rudarski institut, 1989.
2. Izveštaj o izvršenim ispitivanjima mogućnosti sanacije aerozagadenja od letećih peskova rudnika i spoljašnjeg odlagališta jalovine površinskog kopa „Drmno” – Kostolac, Rudarski institut, 1990.

MODEL ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE PRI POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI UGLJA

Dragoljub Urošević

Rezime

Međunarodnim standardom serije ISO 9000, koji je sredinom 1991. godine postao i JUS 9000, definišu se principi sistema kvaliteta. Model zaštite životne sredine pri površinskoj eksploataciji uglja je pokušaj da se sistem kvaliteta u oblasti zaštite životne sredine „uveže” u rudarstvo, kako bi se efekti eksploatacionih radova unapred znali i omogućili sagledavanje efikasnog korišćenja prirodnih resursa.

Uvod

Na poljsko-jugoslovenskom simpozijumu „Upravljanje sistemima i procesima u površinskoj eksploataciji” 1992. godine, autor ovog članka je učestvovao sa referatom „Model praćenja i kontrole kvaliteta životne sredine u okolini površinskih otoka”. Referat je objavljen u Zborniku radova sa tog simpozijuma, a ovaj rad je nastavak pomenutog referata.

Model

Uspeh u projektovanju, pripremi, razradi i izvođenju rudarskih radova pri površinskoj eksploataciji uglja, danas je teško ostvariti bez dobrog poznavanja i korišćenja metoda i postupaka iz domene „sistema kvaliteta”, (ISO YU 9000). Međutim, o

„sistemu kvaliteta”, čak i u opštem, danas se u srpskoj privredi i među privrednicima malo zna. Zbog toga se ovim radom želi da potencira ovaj značaj, na način koji ima dvostruki aspekt: sistem kvaliteta i obezbeđenje zaštite životne sredine.

Doprinos tom uvođenju u postupak „pridržavanja uslova iz sistema kvaliteta” predstavlja i „model zaštite životne sredine pri površinskoj eksploataciji uglja”. Model ima osnovni zadatak da ukaže na potrebu razmatranja velikog broja relevantnih faktora za zaštitu životne sredine, multidisciplinarnog karaktera, u toku odvijanja svih faza Izrade investiciono tehničke dokumentacije i tehnološkog procesa površinske eksploatacije uglja.

Elementi ovog modela prikazani su na narednom blok dijagramu. Veliki broj blokova na ovom dijagramu su posebni podsistemi i zahtevaju poseb-

* Ovaj članak je rezultat rada na istraživačko-razvojnem projektu „Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine”.

nu razradu. Detaljniji prikaz svih blokova u sistemu sa svim elementima razrade biće prezentiran u posebnom referatu. Takođe, smatrujući da su na priloženom blok dijagramu dovoljno jasno opisane funkcije i interakcije pojedinih blokova, ne daju se dopunska objašnjenja.

Zaključak

Predstavljen „model zaštite životne sredine pri površinskoj eksploataciji uglja“ omogućava sagledavanje svih aspekata međusobne zavisnosti površinske eksploatacije uglja i zaštite životne sredine. Takođe, ukazuje na postupak razmatranja i sadržaj materije pri izradi investiciono tehničke dokumentacije.

SUMMARY

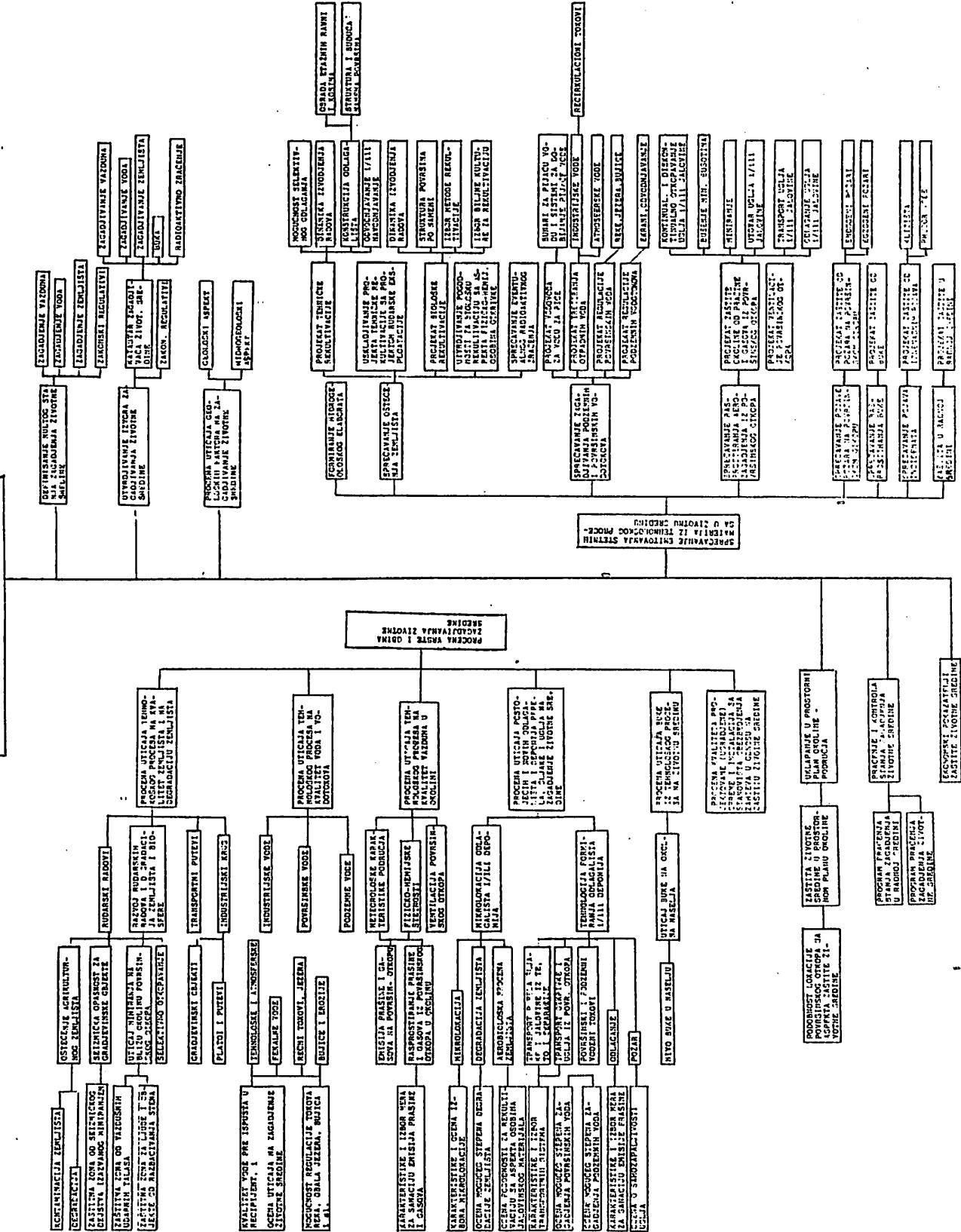
Model of Environmental Protection in Surface Coal Mining

The principles of the quality system are defined by the International standard, pertaining to the series ISO 9000, which as well, became JUS 9000, since 1991. This model of environmental protection in surface coal mining is an attempt to introduce to mining, the system of quality values related to environmental protection in order to foresee the effects of the mining operations and enable efficient utilization of natural resources.

Literatura

1. Zakon o zaštiti životne sredine Republike Srbije
2. Standard ISO YU 9000.

**MODEL ZASTITE ŽIVOTNE SREDINE PRI
POVARSINSKOJ EKSPLOATACIJI UGLJA
- PRĀENJE I KONTROLA KVALITETA -**



TEHNIČKO REŠENJE SANACIJE POŽARA I KONZERVACIJE DEONIJA UGLJA KOD TERMOELEKTRANE KOLUBARA

(sa 1 slikom)

Vaso Elezović

Rezime

Rad predstavlja transformaciju istraživanja na planu sprečavanja samoupale uglja i požara na deponijama uglja, od istraživačkih aktivnosti u laboratoriji do tehničkog rešenja – pri čemu je deo tehničkog rešenja bio eksperiment „in situ“.

Rezultati istraživanja su praktično, na primeru požara na deponiji uglja TE Kolubara A, potvrdili efikasan pristup u sanaciji endogenih požara na deponijama uglja i mogućnost konzervacije deponija uglja na vremenski period duži od kritičnog vremena deponovanja.

Informacije iz ovog rada mogu vrlo dobro da koriste svim stručnim licima zaduženim za rad termoelektrana.

Uvod

Za potrebe termoelektrane Kolubara A postoje četiri deponije uglja ukupnog kapaciteta 160.000 tona. Na deponije br. 1 i 2 deponuje se ugajl krupnoće 0-30 mm tzv. „odsev“, a na deponije br. 3 i 4 mešavina odseva i ugljene prašine koja je sporedni proizvod pri sušenju uglja. Prema konstruktivnim karakteristikama kotlovskega postrojenja za blok 161 MW koristi se

6% mešavina ugljene prašine i odseva, dok se za blok 11 MW koristi samo odsev. U normalnim uslovima rada termoelektrane potrošnja ugljene prašine i odseva iznosi 11.000 t/dan. Pri tome se prosečno dopremi i potroši 350 t/dan ugljene prašine.

Međutim, u uslovima manjeg angažovanja kapaciteta termoelektrane, neminovno dolazi do po-

* Ovaj članak je rezultat rada autora na naučno-istraživačkom projektu „Ugalj Republike Srbije – osnovna energetska sirovina u perspektivi do 2005. godine i dalje do 2020. godine“.

većanog deponovanja ugljene prašine i njenog dužeg stajanja na deponijama 3 i 4. Pri ovim uslovima i normalnom dopremanju ugljene prašine iz Kolubara – Prerade na ovim deponijama stvara se tzv. „jaka mešavina“.

Obzirom na ove pojave i izrazitu sklonost ugljene prašine ka samozapaljenju – prirodni indeks samozapaljenja iznosi $135\text{--}145^{\circ}\text{C}/\text{min}$, vrlo često dolazi do pojava intezivnih oksidacionih procesa, odnosno endogenih požara. Ove pojave posebno stimuliše i ubrzava prirodno odlaganje uglja i neplanansko skidanje sa deponija (bez ikakvog reda) kao i preduzimanje dodatnih faza rada.

Kao posledica ovih karakteristika i uslova rada 28. avgusta 1992. godine došlo je do pojave velikog požara na deponijama 3 i 4. Usled utovara i otpreme žara i zagrejanog uglja, 22. septembra 1992. dolazi do izbijanja požara na transportnom sistemu, koji se 23. novembra iste godine proširuje duž kosog mosta. Obzirom na intezitet vatre i neblagovremeno preduzimanje potivpožarnih mera kosi most je potpuno izgoreo. Posledica ove havarije je prekid proizvodnje, odnosno rada termoelektrane.

Veličina požarnog područja

Nakon izbijanja požara i havarije kosog mosta, izvršen je pregled i obilazak požarnog područja. Prema dobijenim podacima na obe deponije bilo je požarom zahvaćeno oko 85% površina deponovanog uglja. Pri tom je požar imao površinski karakter,

jer po dubini odloženog uglja na većini mesta nije prelazio 40 cm. Ostali deo uglja bio je manje ili više zagrejan-zavisno od blizine požara, količine i načina deponovanja suve ugljene prašine, kao i stepena razvijenosti oksidacionog procesa.

Prema raspoloživim podacima količine uglja zahvaćene požarom na deponiji 3 iznosile su oko 4.000 t, a na deponiji 4 16.000 t.

Usled izrazito jakog vetra povremeno je došlo do širenja vatre u krugu termoelektrane, što je predstavljalo stalnu opasnost za prenošenje vatre i na okolna naselja.

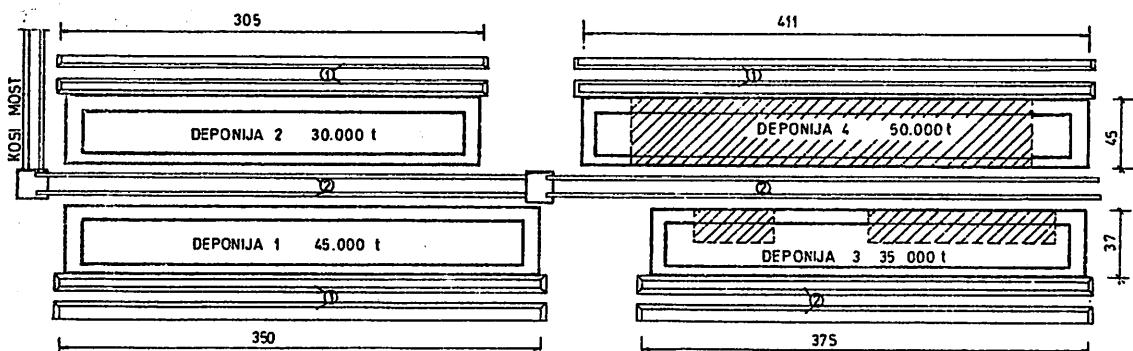
Osnovni zahtevi za sanaciju požara

Obzirom na havariju kosog mosta i planirani obim radova, predviđeno je da termoelektrana neće raditi oko jedan mesec. To znači da se za to vreme neće koristiti deponovani ugalj, a istovremeno je predviđeno dovoženje i odlaganje novih količina odseva i ugljene prašine, što je uslovljeno procesom proizvodnje u Kolubara – Preradi.

Prema ovim uslovima, kao i stalnoj opasnosti od mogućnosti proširenja požara van kruga termoelektrane i intezivnog zagađenja životne sredine, utvrđeni su sledeći osnovni zahtevi pri izboru rešenja sanacije požara.

- da se požar ugasi za što kraće vreme
- da se, nakon sanacije požara, izvrši konzervacija deponija tako da ne postoje mogućnosti za ponovne pojave požara

LEGENDA:
POVRŠINE DEPONIJA ZAHVAĆENE POŽAROM
① — PODUŽNI - PRETOVARNI KANALI
② — TRANSPORTNE - OTPREMNE TRAKE



Sl. 1. Dispozicija deponija u termoelektrani „Kolubara A“

- da se na sanirane i konzervirane delove deponija deponuju nove količine uglja uz primenu dodatnih mera preventivne zaštite
- da se konzervirane količine uglja mogu koristiti nakon ponovnog puštanja termoelektrane u rad.

Rešenje sanacije požara

Sagledavajući veličinu požarnog područja, količine uglja na deponijama i oblik deponija, sanacija požara je izvedena u dve faze. Prva, predstavlja formiranje oblika deponija, a druga obuhvata izvođenje radova na direktnom gašenju požara na svim delovima deponija.

Prva faza sanacije požara

Pored prirodnog deponovanja uglja na pojave i razvoj požara znatan uticaj ima i neplanski utovar uglja duž deponija pri čemu se formiraju široki žlebovi i useci. Na ovaj način bitno se povećavaju kontaktne površine i bočne ivice koje predstavljaju najosetljivije tačke sa kojih se požar veoma brzo širi prema ostalim delovima deponije, zavisno od intenziteta vетра.

Na osnovu ovih nedostataka deponovanja i korišćenja uglja, kao prva mera sanacije požara je formiranje deponovanog uglja u obliku zarubljene piramide. Obzirom na dimenzije osnove deponije i količine uglja, sa ovim postupkom, broj slobodnih ivica svodi se na najmanji broj, kao i na najmanje dužine.

Pošto su na deponiji 3 postojale dve veće gomilе uglja, formirane su dve manje zarubljene piramide. To je urađeno, ne samo u cilju što brže sanacije požara, već i zbog manje visine deponije i manjih troškova sanacije. Na ovoj deponiji visina novoformiranih delova bila je 1,20 m, sa malim uglovima bočnih strana – manji od 14°, što se povoljno odrazilo na brzinu izvođenja radova duž svih delova zahvaćenih požarom i nabijanje deponovanog uglja, koje je osnovna mera protivpožarne zaštite.

Na isti način formirana je i deponija 4, u obliku jedne zarubljene piramide. Pri tome visina uglja iznosila je od 1,2-3,0 m što je uslovljeno količinom uglja i veličinom deponije.

Druga faza sanacije požara

Ova faza rada predstavlja glavnu mjeru sanacije požara.

Paralelno sa formiranjem oblika deponije uglja, vrši se planiranje, odnosno ravnjanje i nabijanje uglja

i ugljene prašine u više slojeva, po sledećem postupku.

Najpre se vrši ravnjanje i nabijanje zapaljenog uglja duž cele deponije u što tanjim slojevima. Zavisno od intenziteta požara, ravnjanje i nabijanje vrši se u slojevima maksimalne debeline do 30 cm. U cilju postizanja što većih efekata nabijanja, preko iste površine buldozer mora preći hajmanje 5-8 puta. Preko ovog sloja navlači se i nabija nov sloj uglja takođe debeline do 30 cm. Treba nastojati da je ovaj ugalj što manje zahvaćen požarom, odnosno oksidacionim procesom.

Sa naizmeničnim ravnjanjem i nabijanjem uglja završava se sanacija deponije do određene visine.

Za zaštitu od ponovnih pojava požara posebno se nabijaju bočne strane deponije, jer su one glavni nosilac pojava oksidacije i požara.

Završene površine novoformiranih deponija posle nabijanja se ravnaju sa dva – tri buldozera u paralelnom radu.

Sanacija endogenih požara i oksidacionih procesa na ovaj način, daje povoljne rezultate pošto sitnije frakcije i ugljena prašina popunjavaju meduprostor, tako da se postiže dobra kompaktnost deponovanog uglja, jer pri zbijenosti deponovanog uglja od $1,280 \text{ t/m}^3$ proces oksidacije se u potpunosti zaustavlja.

Konzervacija deponovanog uglja

Obzirom na činjenicu da i pored preduzetih mera sanacije požara može doći do ponovnih pojava intenzivnih oksidacionih procesa, kao i na zahtev da se na sanirane deponije odlažu nove količine uglja, bilo je potrebno izvršiti konzervaciju deponija, kako nebi došlo do ponovnih pojava požara u novo deponovanim količinama uglja i mešavine ugljene prašine.

Za konzervaciju otvorenih deponija, primjenjen je postupak prekrivanja svih površina deponije filter-skim pepelom, uz blago ravnjanje i nabijanje. Debeline sloja pepela je od 25-30 cm, što upotpuni spremčava, kontakt ugljene materije sa kiseonikom iz vazduha, uticaj atmosferilija i ne utiče bitno na kvalitet mešavine uglja.

Nanošenjem ovog izolacionog sloja postiže se postepena inertizacija unutar deponije, a istovremeno i sporo hlađenje zagrejanog uglja, što treba uzeti u obzir pri ponovnom otvaranju deponije za korišćenje uglja.

Deponovanje novih količina uglja nakon konzervacije vrši se takođe u slojevima do 50 cm intezivnim nabijanjem, po postupku kao pri sanaciji požara.

Zaključak

Primenjenim tehničkim rešenjem postignuti su sledeći rezultati:

Sanacija požara na obe deponije završena je za sedam dana, a konzervacija za 4 dana. Ovo vreme bi bilo kraće za oko 35% da nije bilo poteškoća oko obezbeđenja goriva i tehničke ispravnosti opreme.

Na sanirane i konzervirane deponije naknadno je deponovano oko 55.000 t odseva i ugljene prašine.

Nakon puštanja termoelektrane u normalan rad i korišćenja uglja sa navedenih deponija, u vremenu od 3,5 meseca, nije došlo ni do jedne pojave oksidacionog procesa.

Učešće pepela iz konzervacionog sloja u finalnoj mešavini nije prelazilo 5% i nije nepovoljno uticalo na normalan rad kotlovnih postrojenja termoelektrane.

SUMMARY

Technical Solutions for Reconstruction and Rehabilitation Works Following Mine Fires and for the Conservation of Coal Waste Dumps Pertaining to Kolubara Power Plant

This paper deals with the research work on the prevention of fires and self-ignition of coal, at the coal waste dumps. The main intention is to transform the laboratory research, activities into a technical solution, considering that one part of this solution was an experiment „in situ”.

The research results have been confirmed in practice in case of the fire on coal waste dump pertaining to Kolubara A Power Plant, and proved to be efficient in the reconstruction and rehabilitation works following other endogenous fires on coal waste dumps. At the same time, new possibilities for the conservation of coal waste dumps have been reached, prolonging the critical dumping period.

The information presented in this paper can be very useful to the professional staff engaged in power plants.

Literatura

1. Elezović, V.: Tehnički projekat dopreme i deponovanja uglja za termoelektranu Kolubara A, Rudarski Institut, 1992.
2. Studija za skladištenje uglja, Rudarski Institut, 1989.

PRIKAZ PRIMENE DISKRIMINACIONE ANALIZE KOD SELEKCIJE INVESTICIONIH ALTERNATIVA

Kostadin Popović-Milojko Arsić

REZIME

Diskriminaciona analiza je statistička metoda koja se bavi problemima razdvajanja i kvantifikacije odstojanja između statističkih skupova. Kao takva, diskriminaciona analiza se primenjuje u tehnologiji, medicini i drugim oblastima gde je potrebno doneti odluke u slučajevima više rešenja.

Jedna od mogućih primena u ekonomiji je kod odlučivanja u slučaju viševarijantog pristupa kada je potrebno primeniti objektivne kriterijume selekcije. U teoriji su poznata tri modela za izračunavanje odstojanja i to:

- Mahalonobisovo odstojanje
- Frešeovo odstojanje
- I-odstojanje

Prednost I-odstojanja u odnosu na prethodna dva modela je u tome što uzima u obzir stohastičku zavisnost obeležja, vrednost obeležja i posebno redosled obeležja.

Uvod

Diskriminaciona analiza se bavi problemima razdvajanja statističkih skupova i iznalaženjem odgovarajuće metodologije za kvantifikaciju odstojanja između tih skupova. Primenom metode diskriminacione analize rešavaju se razni problemi koji se javljaju pri klasifikaciji regionala prema stepenu ekonomskog razvoja ili preduzeća prema uspešnosti

poslovanja. Svakako treba pomenuti da je diskriminaciona analiza našla primenu i u medicini, tehnologiji, sociologiji, psihologiji itd. Ne treba zanemariti i mogućnost primene pri selekciji između više investicionih alternativa u uslovima limitiranih finansijskih resursa, kada je veoma važno da prednost dobija projekat koji ima najpovoljnije performanse. Pri tome,

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko razvojnom projektu „Utvrđivanje i izbor kriterijuma za jedinstvenu metodologiju statističke obrade podataka fizičko-mehaničkih i tehničkih osobina koherentnog i nekoharentnog materijala i uglja za uslove lignitskih basena Srbije“.

treba koristiti metode koje isključuju subjektivnost izbora.

$r_{ij,12 \dots j-1}$ – parcijalni koeficijent korelacijske između obeležja.

Prikaz modela za Izračunavanje odstojanja između dva skupa

Mahalonobisovo generalisano D^2 odstojanje

Mahalonobisovo generisano D^2 odstojanje izračunava se po obrascu:

$$D^2(r, s) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W^{ij} d_i(r, s) d_j(r, s) \quad (1)$$

gde su:

W^{ij} – elementi inverzne disperzije matrice izračunate na osnovu izabranih obeležja $X_1 \dots X_n$

$d_i(r, s)$ – odstojanje obeležja X_i između skupova r i s .

Nedostatak ovog modela je pridavanje istog značaja svim obeležjima.

Frešeovo odstojanje

Frešeovo odstojanje se obračunava po obrascu:

$$F(r, s) = \sum_{i=1}^n \frac{|X_{ir} - X_{is}|}{S_i} \quad (2)$$

gde su X_{ir} i X_{is} vrednosti obeležja X_i u skupovima r i s , a S_i standardna devijacija obeležja X_i .

Za Frešeovo odstojanje takođe važi primedba pridavanja istog značaja svim obeležjima. Kada su obeležja međusobno nezavisna I-odstojanje se svede na Frešeovo.

I-odstojanje

I-odstojanje se primenjuje u slučaju kada su obeležja $x_1 \dots x_n$ stohastički zavisna. Upravo ovaj momenat predstavlja novinu u odnosu na prethodne dve formule jer uvažava realnost o uzajamnoj povezanosti obeležja. Formula glasi:

$$D_{rs} = \sum_{i=1}^n \frac{|X_{ir} - X_{is}|}{S_i} \sqrt{\prod_{j=1}^{i-1} (1 - r_{ij,12 \dots j-1})} \quad (3)$$

gde su:

D_{rs} – I-odstojanje projekta r od najnepovoljnijeg fiktivnog projekta s

X_{ir} – vrednost obeležja projekta r

X_{is} – vrednost obeležja fiktivnog projekta

S_i – standardna devijacija izabranog obeležja

Fiktivni projekt S igra ulogu baznog segmenta čije su vrednosti najnepovoljnije, tj.:

$$x_{io} = \min(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

odnosno, alternativno, bazni segment može u zavisnosti od pristupa imati najpovoljnije vrednosti obeležja pa će biti:

$$x_{io}^+ = \max(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Za slučaj kad je broj opservacija jednog obeležja manji od 30, standardna devijacija izabranog obeležja se izračunava po obrascu za varijansu:

$$S_{xi} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Parcijalni koeficijent korelacijske izračunava se po obrascu:

$$r_{ij,12 \dots j-1} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ir} - \bar{x}_r)(x_{is} - \bar{x}_s)}{\sqrt{(1 - r^2_{12 \dots i-2})(1 - r^2_{12 \dots j-2})}}$$

Po konstrukciji I-odstojanja vidi se da je važan redosled obeležja, pa ovom delu analize treba posvetiti dužnu pažnju kako bi rezultati bili što realniji.

Za potrebe ovog rada biće dat pregled obeležja za koje se smatra da treba da budu uzeti u obzir kod razmatranja performansi investicionih projekata. U uslovima limitiranih finansijskih resursa sledeća obeležja projekata su bitna kod donošenja investicionih odluka između više ponuđenih varijanti:

- neto sadašnja vrednost
- interna stopa rentabiliteta
- rok povraćaj (dinamički shvaćen)
- neto-devizni efekat
- ponuđena prosečna kamatna stopa po kojoj se obezbeđuju finansijska sredstva
- vek eksploatacije.

U primeru koji sledi biće analizirano osam projekata koji se odnose na eksploataciju i otvaranje novih rudnika uglja.

Primena I-odstojanja

U tablici 1 je dat pregled projekata po obeležjima.

Tablica 1

Projekti	Obeležja				
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5
A	312	16,28	9,15	14	15
B	250	13,92	14,20	11	12
C	280	14,89	10,20	12	13
D	220	22,13	8,32	10	12
E	350	27,28	15,18	18	17
F	576	28,39	19,39	17	14
G	430	29,14	17,15	18	19
H	340	20,89	11,24	14	13
S ⁻	220	13,92	19,39	10	12

Pregled parametara za obračun I-odstojanja

Tablica 2

x_i	i	Prosti koeficijent korelacija					Parcijalni koeficijent korelacija					
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	
x_1	344,75	113,77	1	0,7132	0,8259	0,7845	0,4603	1	0,71322	0,8259	0,7845	0,4603
x_2	21,62	6,19		1	0,6690	0,7877	0,6553		1	0,2022	0,5949	0,5254
x_3	13,10	4,00			1	0,7374	0,4947			1	0,1796	0,1479
x_4	14,25	3,15				1	0,8557				1	0,8562
x_5	14,38	2,50						1				1

U tablici 1 su prikazane karakteristike projekata, a sa S⁻ obeležen je fiktivan projekt sa najnepovoljnijim vrednostima po obeležjima. Princip je, da se pomoću metoda I-odstojanja odredi udaljenost svih projekata od definisanog fiktivnog najnepovoljnijeg projekta, pa da se onda poređenjem vrednosti I-odstojanja po veličini izvrši rangiranje projekta u smislu izbora onog projekta koji je najviše udaljen od fiktivnog. Treba imati u vidu da se isti rezultati dobijaju i kada se odredi fiktivni projekt koji će umesto najlošijih vrednosti obuhvatiti najpovoljnije po datim obeležjima. U tom slučaju, najbolji projekt će biti onaj koji ima najmanju vrednost I-odstojanja od definisanog najnepovoljnijeg fiktivnog projekta.

Rezultati analiza dati su u tablici 2.

Na osnovu obračunatih vrednosti I-odstojanja utvrđen je sledeći rang projekata:

Rang	Projekat	I-odstojanje
I	F	3,98
II	G	2,90
III	E	2,15
IV	H	1,76
V	A	1,40
VI	C	0,95
VII	D	0,76

Najbolji je projekt F jer ima najveće I-odstojanje od baznog projekta

Zaključak

I-odstojanje kao metod diskriminacione analize uzima u obzir stohastičku zavisnost obeležja koje analizira preko uključivanja u formulu koeficijenta parcijalne korelacijske. Takođe, formula I-odstojanja vodi računa o vrednostima obeležja i varijabiliteta. Pretходna ekonomska analiza treba da utvrdi redosled obeležja po važnosti jer je redosled veoma bitan i neposredno utiče na krajnje rezultate pri rangiranju.

Ako su koeficijenti korelacije između $x_1 \dots x_n$ i I-odstojanja uređeni u nerastući niz, onda se redosled obeležja smatra dobrim.

Sa aspekta rangiranja investicionih projekata metoda I-odstojanja je pogodna zbog eliminisanja uticaja subjektivnih faktora pri donošenju investicionih odluka, pa se smatra da bi ona trebalo da ima svoje mesto, uz ostale metode selekcije, pri investicionom odlučivanju na nivou poslovnih banaka.

SUMMARY

Review of the Discrimination Analysis Method as a Function Valuation of Investment Effects

Discriminative analysis is a statistical method dealing with problems of separation and quantification of distances between statistical assemblies. As such, discriminative analysis is applied in technology, medical science and other areas requiring decisions in cases with a number of solutions.

One of possible applications in economy is in decision making in cases of multivariant approach, requiring use of objective selection criteria. Three models for distance calculation are known in the theory:

- Mahalonobis distance
- Frescher's distance
- l-distance

The advantage of l-distance compared with the other two is that it takes into consideration characteristic stochastic dependence, characteristic value and particularly characteristic distribution.

Literatura

1. Branislav Ivanović: Diskriminaciona analiza sa primenom u ekonomskim istraživanjima – Naučna knjiga, Beograd 1983.
2. Branislav Ivanović: Teorijska statistika – Jugoslovenski institut za ekonomска istraživanja, Beograd 1986.
3. UNIDO: Priručnik za pripremu industrijskih studija izvodljivosti

**RUDARSKI INSTITUT
BEOGRAD - ZEMUN**

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex. 11830 YU RI

Na principu inženjeringu, samostalno i u saradnji sa domaćim i stranim izvođačima, Rudarski institut obavlja:

- TERENSKA, LABORATORIJSKA I POLUINDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA
- IZRADU NAUČNIH I EKONOMSKO-TEHNIČKIH STUDIJA
- IZRADU KOMPLETNIH PROJEKTA
 - površinske i podzemne eksploatacije mineralnih sirovina
 - implementiranja mineralnih sirovina i primarne prerade obojene metalurgije
 - miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arhitektonске i elektromontažne delatnosti i tehničke zaštite
- IZGRADNU OBJEKATA I OPREMANJE POSTROJENJA, NADZOR, PUŠTANJE U POGON, UVODENJE I UHODAVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA I OBUKU KADROVA
- REKONSTRUKCIJU, MODERNIZACIJU I AUTOMATIZACIJU, NADZOR I VOĐENJE POSTOJEĆIH TEHNOLOŠKIH PROCESA
- VRŠI OPTIMIZACIJU KAPACITETA I IZBOR NAJPOVOLJNIJIH VARIJANTI KORIŠĆENJEM SAVREMENIH METODA I MATEMATIČKIH MODELA

Centar za dokumentaciju Rudarskog Instituta obaveštava o dostignućima svetske rudarske nauke i prakse iz navedenih delatnosti.

U okviru svoje izdavačke delatnosti Rudarski Institut izdaje kvartalni časopis:

RUDARSKI GLASNIK



On engineering principles, independently and in collaboration with domestic and foreign partners, the Institute of Mines performs:

- FIELD, LABORATORY AND PILOT-SCALE INVESTIGATIONS
- ELABORATION OF SCIENTIFIC AND FEASIBILITY STUDIES
- ELABORATION OF COMPLETE PROJECTS FOR
 - open-cast and underground exploitation of mineral ores
 - mineral ore dressing and primary processing of non-ferrous metallurgy
 - blasting, transport, ventilation, heat engineering, civil engineering, electro-machine objects and technical protection
- CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF PLANTS, SUPERVISION, STARTING UP, INTRODUCTION AND RUNNING IN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, AND STAFF TRAINING
- RECONSTRUCTION, MODERNIZATION AND AUTOMATION, SUPERVISION AND MANAGEMENT OF CURRENT TECHNOLOGICAL PROCESSES
- PERFORMS CAPACITY OPTIMIZATIONS AND SELECTION OF MOST FAVOURABLE ALTERNATIVE BY USE OF MODERN METHODS AND MATHEMATICAL MODELS

Documentation Center of the Institute of Mines supplies information on world's mining science and practice achievements in above mentioned activities.

The Institute of Mines editorial activities include the quarterly periodical.

RUDARSKI GLASNIK

