

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 — 9637

BROJ  
**2**  
1984

# RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES  
BULLETIN DES MINES  
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ  
BERGBAUZEITSCHRIFT

**IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2  
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA  
ŠTAMPA: BIRO ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU »JAROSLAV  
ČERNI« - BEOGRAD**

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 — 9637



BROJ  
**2**  
1984

# RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES  
BULLETIN DES MINES  
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ  
BERGBAUZEITSCHRIFT

## **GLAVNI UREDNIK**

**BLAŽEK dipl.ing. ALEKSANDAR, v.savetnik, Beograd**

## **ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA**

AHČAN dr ing. RUDOLF, Fakultet za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana  
BRALIĆ dr ing. JEFTO, Rudarski institut, Beograd  
CAVIROVSKI dipl.ing. VELJAN, Rudarski institut; Skopje  
ČURČIĆ dr ing. ALEKSANDAR, Rudarski institut, Beograd  
DRAŠKIĆ prof. dr ing. DRAGIŠA, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd  
DUŠI prof. ing. MINIR, Rudarsko—metalurški fakultet, Titova Mitrovica  
GLUŠČEVIĆ prof. ing. BRANKO, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd  
GRBOVIĆ dipl.ing. MILOLJUB, Rudarski institut, Beograd  
HOVANEC prof. ing. GOJKO, Rudarski institut, Beograd  
IVANKOVIĆ dr-ing. DRAGORAD, Rudarski institut, Beograd  
JUJIĆ mr ing. DRAGOLJUB, Rudarski institut, Beograd  
MIHAJLOVIĆ dipl. ing. MARIJA, Rudarski institut, Beograd  
MIHALDŽIĆ dipl. ing. NENAD, Rudarski institut, Beograd  
PERIŠIĆ prof. dr ing. MIRKO, Rudarski institut, Beograd  
PERKOVIĆ dr ing. BORISLAV, Rudarski institut, Beograd  
PRIBIĆEVIĆ dipl. ing. MILOŠ, Rudarski institut, Beograd  
RADENKOVIĆ dr ing. ĆEDOMIR, Rudarski institut, Beograd  
STOJKOVIĆ mr ekon. DUŠAN, Rudarski institut, Beograd  
TASEVSKI dipl.ing. APOSTOL, Rudarski institut, Skopje  
TOMAŠIĆ dr ing. STJEPAN, Rudarski institut, Beograd  
VESELINOVIĆ dipl. ing. RADOSLAV, Rudarski institut, Beograd

## SADRŽAJ

### Eksplotacija mineralnih sirovina

Dr inž. RADMILO OBRADOVIĆ – dipl.inž. BOŽIDAR GRUBAČEVIĆ – dipl.inž. ALEKSANDAR STAMATOVIĆ	5
Empirijska ocena stabilnosti kosina u čvrstim stenskim masama .....	5
Summary .....	9
Zusammenfassung .....	9
Rezjume .....	10

### Dipl. inž. BRANIMIR DELEVIĆ

Određivanje kapaciteta transporta složenih sistema u rudnicima uglja sa podzemnom eksplotacijom .....	11
Summary .....	15
Zusammenfassung .....	16
Rezjume .....	16

### Priprema mineralnih sirovina

Dr inž. DRAGAN PETKOVIĆ – dr inž. VERA ŽIVANOVIĆ	17
Planiranje i vršenje preliminarnih ispitivanja postupka luženja rude urana .....	17
Summary .....	20
Zusammenfassung .....	21
Rezjume .....	21

### Dipl.inž. KOSTA MIŠIĆ

Izdvajanje selektivnih koncentrata minerala olova i bakra iz kompleksne Pb-Zn-Cu rude rudnika Rudnik .....	22
Summary .....	30
Zusammenfassung .....	30
Rezjume .....	30

### Ventilacija i tehnička zaštita

Dipl.inž. DUŠANKA STOJSAVLJEVIĆ	31
Aerozagadjenje prouzrokovano sagorevanjem uglja na odlagalištu jalovine iz tehnološkog procesa mokre separacije uglja	31
Summary .....	36
Zusammenfassung .....	36
Rezjume .....	37

### Dipl.inž. NATALIJA PAVLOVIĆ

Mogućnost bezbednog uskladištanja ugljeva sklonih samopaljenju .....	38
Summary .....	42
Zusammenfassung .....	43
Rezjume .....	43

### Termotehnika

Dipl.inž. MIHAJLO ŠKUNDRIĆ – dipl.inž. ĐORĐE ČOBANOVIĆ – dipl.inž. MILAN POPOVIĆ	45
Kotlarnice u svetlu odluke grada Beograda o meraima za zaštitu vazduha od zagađivanja .....	45
Summary .....	49
Zusammenfassung .....	50
Rezjume .....	50

## **Projektovanje i konstruisanje**

Dipl.inž. MILOŠ PRIBIĆEVIĆ – dipl.inž. SLOBODAN ČOLAK	51
Proračun kružne ploče sa nesimetričnim opterećenjem .....	51
Summary .....	56
Zusammenfassung .....	57
Rezjume .....	57

## **Informatika i ekonomika**

LILJANA ANDRIĆ, dipl.matem. – dr inž. DRAGAN PETKOVIĆ	58
Prilog strategiji efikasnog istraživanja .....	58
Summary .....	61
Zusammenfassung .....	61
Rezjume .....	62

<b>Nova oprema i nova tehnička dostignuća.....</b>	<b>63</b>
<b>Kongresi i savetovanja.....</b>	<b>67</b>
<b>Iz inostrane prakse.....</b>	<b>69</b>
<b>Obaveštenja .....</b>	<b>79</b>

# Eksploatacija mineralnih sirovina

UDK 624.131.537

Primenjeno—razvojni rad

## EMPIRIJSKA OCENA STABILNOSTI KOSINA U ČVRSTIM STENSKIM MASAMA

Dr inž. Radmilo Obradović – dipl.inž. Božidar Grubačević –  
dipl.inž. Aleksandar Stamatović

U cilju utvrđivanja preliminarne stabilnosti i stanja kosine u čvrstim stenskim masama, kao i pravovremenog uočavanja promena stanja kosina i oštećenja usled procesa otkopavanja i dezintegracije fizičko-mehaničkog i hemijskog procesa razaranja, određen je na osnovu dosadašnjih iskustvenih rezultata, kao i standarda DDR – TGL 24756/13, postupak za ocenjivanje stanja (tablica 1) kosina.

Vremenski period između dva ocenjivanja se uzima prema stanju kosine, nastale usled procesa otkopavanja, uticaju miniranja ili, pak, prirodne kosine, najčešće u periodu april – oktobar svake godine, a u pojedinim slučajevima i svaka tri meseca.

Ocenjivanje stanja uporeće sprovodi se posle prestanka mrazeva, pošto se u tom periodu računa na najmanju stabilnost i sa najčešćim promenama u području kosina.

U oblasti radnih kosina u stenama manje otpornosti i sa većim diskontinuitetima vrše se mesečni ili tromesečni pregledi.

Ocena stanja kosina (useka, zaseka i terena uopšte) na terenu procenjuje se prema utvrđenom postupku snimanja inženjersko-geoloških parametara i oštećenja kosina u čvrstim stenskim masama koji predstavlja tzv. katastar snimanja.

### Pojave za uočavanje oštećenja kosine

Tablica 1

Područje kosine	P o j a v a	Ukazuje na
	sveža ivica ocepljenja pokidana pokrívka terena	nastupajuće pokrete u području kosine
Gornja ivica kosine	korenje, koje se pojavljuje iznad otvorenih pukotina, ili je pokidano	postojeće pokrete već duže vremena ili veće pokrete u kraćem vremenu
	sveže, jako otvorene pukotine (uopšte)	znatnu rastresitost masiva u kratkom vremenu
	pojave pukotina većeg inten- ziteta i na širem području iza vrha kosine	pojave ozbiljnijeg ugroža- vanja stabilnosti u dužem vremenskom roku ili intenziv- nije pokrete u kraćem roku

Nastavak tab. 1..

Područje kosine	Pojava	Ukazuje na
Srednje područje kosine	sveža ivica ocepljenja, pokidana pokrivka terena	nastupajuće pokrete u području kosine
	korenje koje se pojavljuje iznad otvorenih pukotina ili je pokidano	postojeće pokrete već duže vremena ili veće pokrete u kraćem vremenu
	sveže jako otvorene pukotine (uopšte).	znatnu rastresitost masiva u kratkom vremenu
	sitnina od raspadanja, odvajanje usled kiše	jaku rastresitost materijala tela pukotine; delimično odnošenje usled kiše
	svetla mesta odlamanja	odlamanje tela pukotine pre kratkog vremena
	sabljasti rast drveća i šipkastog drveća	pokrete područja kosine blizu površine (pujanje padine), reda prolazne pokrete dubljeg područja
	kosi rast drveća i šipkastog rastinja	duge pokrete područja kosine delimično sa dubokim površinama pokreta (stvaranje blokova)
	pojava pukotinske vode, ledeni čep	strujanje pukotinske vode u kosini ili površinsko oticanje vode iz gornjih područja
	pojava znatne mehaničke degradacije i spuštanje grusa sa mogućnošću većeg odvajanja i klizanja u donje delove kosine	pojava deblijih zona raspadnutne stene, intenzivniji proces degradacije
	pojava ublažavanja kosine gornjeg i srednjeg dela u vidu sitnijih i krupnijih komada	intenzivniji proces degradacije, slabiji stepen vezivnosti, brži proces razaranja usled miniranja i dejstva atmosferilija
Nožica kosine	osulina kod nožice kosine	odvajanje jako rastresitog materijala tela pukotine
	telo pukotine u nožici kosine	otpadanje (osipanje) materijala iz gornjeg i srednjeg područja kosine
	smicanje u nožici i pomeranje tla	pomeranje većih područja kosine ili velike pokrete stena
	pojava smicanja u nožici kosine — — dela kosine ili po podlozi odnosno planuru sledeće etaže	pomeranje većih područja kosine ili velikih blokova stena
	pojava vode — ledeni čep	strujanje pukotinske vode u kosini ili površinsko oticanje vode iz gornjih područja kosine
	pojava skliznutog dela kosine većih dimenzija	pomeranje čitavog tela kosine kao dugotrajni proces pokretanja ili brzi proces razaranja i pokretanja

Ocenjivanje određivanja stepena ugroženosti kosina u čvrstim stenskim masama

Tablica 2

Tek. broj	Geometrijska karakteristika	Ocenjivanje			
		6	4	2	0
1	Visina kosine (m)	<3	3 do 6	6 do 12	>12
2	Ugao kosine ( $^{\circ}$ )	<30	30 do 45	45 do 60	>60
3	Oblik površine	ravna	neravna	sa ispustima	ispusti i nadvišenja
4	Odstojanje ivice kosine — spoljna šina (m)	>4	4 do 3	3 do 2	<2
5	Odstojanje gornje ivice šine — dno kanala pruge (m)	>1,5	1,5 do 0,7	0,7 do 0,4	<0,4
Inženjersko-geološka karakteristika					
6	Rastinje koje izaziva pritisak korenja	bez uticaja	mali uticaj na stabilnost	u području mehaničkog djelovanja kliz- nih površina	celokupna kosina
7	Sprovođenje pukotin- ske vode količina vreme	bez uticaja —	na jednom mjestu	na više mesta vlažno periodično	celokupna kosina kapanje stalno
8	stepen gubitka čvrstoće	sveže	trošno	raspadnuto i sa gubitkom čvrstoće	potpuno bez čvr- stoće
9	Zapremina čvrste stene ugrožena pretaloženjem ( $m^3$ )	bez uticaja	<1,0	1,0 do 3,0	>3,0
10	Ugao pada skupa puko- tinu koja padaju prema kosini	0 do 30	30 do 50	50 do 70	70 do 90
11	Opšti položaj prema trasi	x)	x)	x)	x)
12	Prostorni položaj (m)	<0,1	0,1 do 1,0	1,1 do 10,0	> 10
13	Gustina pukotine ( $m^{-1}$ )	<1	1 do 10	11 do 100	>100
14	Linearni stepen ras- trestitosti (%)	<1	1 do 3	3 do 5	> 5
15	Širina otvora (cm)	0,0	<0,5	0,5 do 1,0	> 1,0
16	Ispuna pukotine	bez ispune	sa ivicama, zrnasto, suvo	kuglasto, zrnasto, vlažno	potpuna ispuna plastična
17	Izgled zida puko- tine	neravna hrapava	neravna glatka	ravna hrapava	ravna glatka

x) 3 tačke: pravac pada normalno na površinu kosine, prema padu unutra (masivu)

2 tačke: pravac pada pod oštrim uglom na površinu kosine prema padu unutra (masivu)

1 tačka: pravac pada pod oštrim uglom na površinu kosine, prema padu napolje (suprotno masivu)

0 tačka: pravac pada normalno na površinu kosine, prema padu napolje (suprotno masivu).

Ovaj katastar snimanja (razrađen u Rudarskom institutu — Beograd) obezbeđuje angažovanje različitih geoloških disciplina koje treba da daju jedinstvenu i uporednu ocenu stanja kosina u stenskoj masi. Upoređenjem rezultata iz katastra snimanja je omogućeno, da se svi kvantitativni i kvalitativni parametri opisa stanja kosina transformiraju u brojčanu vrednost. Princip rangiranja utvrđen je prema određenim inženjersko-geološkim i geometrijskim parametrima (tablica 2), iz kojih se računa stepen ugroženosti (SU). Stepen ugroženosti karakteriše celokupni uticaj svih faktora u području kosine koji deluju na stabilnost.

U tablici 3 daje se pregled empirijskih proračuna SU i klase ugroženosti (KU) pomoću koje se mogu klasifikovati kosine u čvrstим stenama.

Ova metoda empirijske ocene stabilnosti omogućava sagledavanje prirodnih inženjersko-geoloških uslova stabilnosti i stepena ugroženosti ( $SU_{ing}$ ) koji nastaju zbog takvih prirodnih uslova (tablica 3, stav 3), kao i određivanje stepena ugroženosti iz geometrije kosina ( $SU_{geom}$ ) — tablica 3, stav 4.

Posle donošenja ocene stabilnosti, preciziraju se mere sprečavanja oštećenja (ako je potrebno), kao i mere dopunskih inženjersko-geoloških istraživanja i ispitivanja.

Pregled najvažnijih vrsta oštećenja na kosinama u stenskom materijalu prikazan je u tablici 4.

Stečena iskustva, tokom višegodišnjih primeњivanja metode empirijske ocene stabilnosti kosina na površinskim kopovima (Majdanpek, Vareš,

Tajmište i dr.), ukazala su na veoma realne podatke koji se preko katastra snimanja dobijaju i procenjuju prema stepenu ugroženosti i klasi opasnosti.

#### Određivanje stepena ugroženosti i klase opasnosti

Tablica 3

##### 1. Određivanje ukupnog stepena ugroženosti (SU)

$SU = \frac{\text{maksimalno mogući broj parametara (1) do (17)}}{\text{postignuti broj parametara (1) do (17)}}$

66

$SU = \frac{66}{\text{postignuti broj parametara (1) do (17)}}$

##### 2. Određivanje klase opasnosti

SU	Klase opasnosti (KU)
1,00 do 1,40	I (najniža opasnost)
1,41 do 1,99	IIa (srednja opasnost)
2,0 do 2,49	IIb (srednja opasnost)
2,50	III (najviša opasnost)

##### 3. Određivanje stepena ugroženosti iz inženjersko-geoloških uslova

$SU_{ing} = \frac{36}{\text{postignuti broj tačaka parametara (6) do (17)}}$

##### 4. Određivanje stepena ugroženosti iz geometrije kosina

$SU_{geom} = \frac{30}{\text{postignuti broj parametara (1) do (5)}}$

#### Najvažnije vrste oštećenja na kosinama stena

Tablica 4

Vrsta oštećenja	Stena — masiv	Ponašanje materijala
Klizanje po kliznim površinama paralelnih kosina	Često: glinovit škriljac, filit, pločasti gnajs, granulit, glinovit peščar  Retko: moćne očvrsle sedimentne stene, magmatske stene	Često: raspad kliznog tela, pretežno u blokovima
Izlom u obliku klina (klizanje, prevrtanje)	Često: gnajs, liskunski škriljac  Retko: glinovit škriljac, filit, magmatske i moćne očvrsle sedimentne stene	Pretežno u bloku raspadanje kod jako trošnog materijala tela pukotine

Nastavak tab. 4.

Vrsta oštećenja	Stena—masiv	Ponašanje materijala
Prevrtanje povlačenjem na nastaloj površini	Često: školjkast krečnjak, šaren peščar, konglomerati, laporac Retko: magmatske stene i kristalasti škriljac	U bloku kod neraspnutog materijala, raspadanje kod trošnog materijala
Prevrtanje kod nagnute—nastale površine	Često: granulit, gnajs, liskunski škriljac, magmatske stene Retko: glinovit škriljac, filit	U zavisnosti od pukotina (raspučalosti) kao pojedinačna zrna ili u bloku
Mrvljenje, površinsko spiranje, stvaranje risova	Raspadnute (trošne) čvrste stene svih vrsta	Potpuni gubitak strukturne čvrstoće
Stvaranje erozijskih korita	Jako raspadnute—(trošne) i rastresite stene svih vrsta, pretežno u području rasenih zona ili ulošci magmatita u obliku žica i drugim stenama	Potpuni raspad materijala tela pukotina, stvaranje kupa od osulina i odspiranja

## SUMMARY

### Method of Empirical Assessment of Slope Stability in Solid Rock Masses

A procedure is outlined for determination of preliminary conditions of slope stability in solid rock masses.

On the basis of data collected on site from the so called recording cadastre, the paper presents the most important phenomena for observing slope damage, tables for calculating the degree of imperilment, as well as the empirical possibility of determining the category of slope imperilment.

Also, the most important types of slope damage in rock mass are systematized.

The many year experience gained with application of the proposed procedure fully satisfies a realistic estimation of the state of slope stability.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Methode der empirischen Einschätzung von Böschungsstandfestigkeit in festen Gesteinsmassen

Auf Grund von aus der Praxis gesammelten Daten im sog. Aufnahmekataster wurden in der Arbeit die bedeutendsten Erscheinungen bei der Böschungsbeschädigung, Tabelle der Berechnung des Gefährdungsgrads sowie die empirische Möglichkeit der Bestimmung Böschungsgefährdungsklasse, gegeben.

Ebenso wurden die wichtigsten Beschädigungsarten an den Böschungen in der Gesteinsmasse systematisiert.

Langjährige Erfahrungen in der Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens genügen zur reellen Einschätzung des Zustands von Böschungsstandfestigkeit.

Nastavak tab. 4.

Vrsta oštećenja	Stena—masiv	Ponašanje materijala
Prevrtanje povlačenjem na nastaloj površini	Često: školjkaški krečnjak, šaren peščar, konglomerati, laporac Retko: magmatske stene i kristalasti škriljac	U bloku kod neraspadnutog materijala, raspadanje kod trošnog materijala
Prevrtanje kod nagrune—nastale površine	Često: granulit, gnajs, liskunski škriljac, magmatske stene Retko: glinovit škriljac, filit	U zavisnosti od pukotina (raspučalosti) kao pojedinačna zrna ili u bloku
Mrvljenje, površinsko spiranje, stvaranje rišova	Raspadnute (trošne) čvrste stene svih vrsta	Potpuni gubitak strukturalne čvrstoće
Stvaranje erozijskih korita	Jako raspadnute (trošne) i rastresite stene svih vrsta, pretežno u području raseljnih zona ili uložci magmatita u obliku žica i drugim stenama	Potpuni raspad materijala tela pukotina, stvaranje kupa od osulina i odspiranja

## SUMMARY

### Method of Empirical Assessment of Slope Stability in Solid Rock Masses

A procedure is outlined for determination of preliminary conditions of slope stability in solid rock masses.

On the basis of data collected on site from the so called recording cadastre, the paper presents the most important phenomena for observing slope damage, tables for calculating the degree of imperilment, as well as the empirical possibility of determining the category of slope imperilment.

Also, the most important types of slope damage in rock mass are systematized.

The many year experience gained with application of the proposed procedure fully satisfies a realistic estimation of the state of slope stability.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Methode der empirischen Einschätzung von Böschungsstandfestigkeit in festen Gesteinsmassen

Auf Grund von aus der Praxis gesammelten Daten im sog. Aufnahmekataster wurden in der Arbeit die bedeutendsten Erscheinungen bei der Böschungsbeschädigung, Tabelle der Berechnung des Gefährdungsgrads sowie die empirische Möglichkeit der Bestimmung Böschungsfährdungsklasse, gegeben.

Ebenso wurden die wichtigsten Beschädigungsarten an den Böschungen in der Gesteinsmasse systematisiert.

Langjährige Erfahrungen in der Anwendung des vorgeschlagenen Verfahrens genügen zur reellen Einschätzung des Zustands von Böschungsstandfestigkeit.

## РЕЗЮМЕ

### Метод эмпирической оценки устойчивости скосов в массах твердой породы

Приведен способ уточнения предварительных условий устойчивости скосов в массах твердых пород.

На основании данных приобретенных на месте выполнения работ, в т. низв. кадастре съемки, в докладе приведены самые значительные явления по обнаружению повреждений скоса, таблица расчёта уровня угроженности, а также и эмпирическая возможность определения класса угроженности скосов.

Также систематизированы важнейшие виды повреждений на скосах в массе породы.

Приобретенный многолетний опыт по применению предложенного способа удовлетворяет реальную оценку состояния устойчивости скосов.

## Literatura

1. Ebner V., Eschenbach, H., Kienegel, K. J., 1980: Fachbereichstandard „Felsböschungen“ der Deutschen Reichsbahn. Zeitschrift für angewandte Geologie, Bd. 26 (1980), 3, Dresden.
2. Obradović R., Grubačević B., 1983: Pokazatelji inženjersko-geološke sličnosti ležišta uglja za prognozu stabilnosti završnih kosina površinskih otкопа na osnovu metode analogije. — Rudarski glasnik br. 1/83, Beograd.
3. Richter, H. S., 1969: Standfestigkeit von Felsböschungen an Strecken der Deutschen Reichsbahn. AG Geotechnik, Dresden.
4. TGL 24756/1 — DDR — Eisenbahnunterbau.

Autori: dr inž. Radmilo Obradović, dipl.inž. Božidar Grubačević i dipl.inž. Aleksandar Stamatović, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. J. Bralić, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 21.5.1984. prihvaćen 23.5.1984.

UDK 622.6 : 622.27 : 622.33  
Primjeno—istraživački rad

## ODREĐIVANJE KAPACITETA TRANSPORTA SLOŽENIH SISTEMA U RUDNICIMA UGLJA SA PODZEMNOM EKSPLOATACIJOM

(sa 1 slikom)

Dipl.inž. Branimir Delević

### Uvod

Izbor i dimenzionisanje opreme transportnih sistema u rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom uslovjeni su parametrima koji neposredno proizilaze iz konkretnih rudarsko-geoloških uslova, izraženih u dužini i nagibu jamskih prostorija ili njihovih delova kojima se transport obavlja, i kapaciteta koji sistem mora da savlada.

Pri projektovanju novih podzemnih proizvodnih sistema, a u odsustvu prihvatljivih metoda merenih vrednosti, kapacitet transporta uspešno se određuje empirijskom metodom zasnovanom na matematičkoj statistici. Metoda je razrađena u SSSR (vidi literaturu).

Prikazana metodologija se primenjuje u Rudarskom institutu — Beograd i njenom praktičnom prverom utvrđeno je da metodologija pruža pozitivnu osnovu za rešavanje problematike jamskog transporta u toku izrade investiciono-tehničke dokumentacije postojećih i novih proizvodnih sistema. Primenom izložene metodologije projektovani su transportni sistemi u nekoliko naših rudnika uglja sa podzemnom eksploatacijom i to u jamama „Tupljak” i „Ripenda” Istarskih ugljenokopa „Raša” — Labin, jamama „Kamenice” i „Sretno” rudnika „Breza”, novoprojektovanim jama „Nova Manasija” i „Kosa” u rudniku „Morava” — Despotovac itd.

Polazne osnove metodologije čine prosečni i maksimalni minutni kapaciteti proizvodnih otkopnih jedinica i prosečni kapacitet pripremnih radišta.

### Jedinični kapacitet sa otkopa

Kapacitet otkopnih jedinica zavisi, pre svega, od primenjene metode i stepena mehanizovanosti osnovnih tehnoloških procesa u otkopu.

Prosečni kapacitet otkopnih jedinica iznosi:

$$a_1(p) = \frac{A_{sm}}{60 T_{sm} K_p} \quad (t/min) \quad (1)$$

gde su:

$A_{sm}$  — proizvodni kapacitet otkopne jedinice (t/smena)

$T_{sm}$  — vreme trajanja proizvodnje smene (h)

$K_p$  — vremenski koeficijent odvoza uglja sa otkopa

Kod nemehanizovane ili polumehanizovane tehnologije otkopavanja koeficijent  $K_p = 0,4 - 0,5$ . Kod mehanizovane tehnologije otkopavanja koeficijent  $K_p$  određuje se empirijski, u zavisnosti od tehnološke šeme rada primenjene otkopne mašine, i iznosi:

$$K_p = \frac{t' + t''}{60 T_{sm}} \quad (2)$$

gde su:

$t'$  — efektivno vreme rada otkopne mašine (min) a

$t''$  — efektivno vreme povratnog praznog hoda otkopne mašine (min)

$$t' = \frac{l_o n}{v_r} \quad (\text{min}) \quad (3)$$

$$t'' = \frac{l_o n}{v_m} \quad (\text{min}) \quad (4)$$

Simboli u izrazima (3) i (4) predstavljaju:

$l_o$  — dužina otkopnog fronta (m)

$n$  — broj radnih ciklusa u smeri

$v_r$  — radna brzina otkopne mašine ( $\text{m}'/\text{min}$ ) koja se uzima da iznosi 70% od maksimalne radne brzine ( $v_{r(\max)}$ )

$$v_r = 0,7 V_{r(\max)} \quad (\text{m}'/\text{min})$$

$v_m$  — manevarska brzina otkopne mašine ( $\text{m}/\text{min}$ ) koja se uzima da iznosi 70% od maksimalne manevarske brzine ( $V_{m(\max)}$ )

Maksimalni proizvodni kapacitet otkopa kod nemehanizovane i polumehanizovane tehnologije otkopavanja odgovara kapacitetu otkopnog transportera i iznosi:

$$a_l(\max) = \frac{Q_h}{60} \quad (\text{t}/\text{min}) \quad (5)$$

gde je:

$Q_h$  — časovni kapacitet otkopnog transporta ( $\text{t}/\text{h}$ )

Maksimalni proizvodni kapacitet otkopa kod mehanizovane tehnologije otkopavanja određuje se

u zavisnosti od tehnoloških karakteristika primeđene otkopne mašine i smera njenog kretanja u odnosu na smer transporta uglja otkopnim transporterom.

Kada se smer kretanja otkopne mašine podudara sa smerom transporta u otkopu, kapacitet otkopa iznosi:

$$a_l(\max) = b_o h_o v_o \delta_1 (1 - \psi_p) \gamma_o \quad (\text{t}/\text{min}) \quad (6)$$

Kada se otkopna mašina kreće u suprotnom smeru, kapacitet otkopa iznosi:

$$a_l(\max) = b_o h_o v_o \delta_2 \psi_p \gamma_o \quad (\text{t}/\text{min}) \quad (7)$$

gde su:

$b_o$  — širina zahvata radnog organa (m)

$h_o$  — visina zahvata radnog organa (m)

$v_o$  — brzina kretanja otkopne mašine ( $\text{m}/\text{min}$ )

$v_o = v_{r(\max)}$  — kod dvostranog rada otkopne mašine (kopanje u oba smera)

$v_o = 0,75 v_{r(\max)}$  — kod jednostranog rada otkopne mašine i utovara uglja u povratnom hodu

$\delta_1$  i  $\delta_2$  — računski koeficijenti

$$\delta_1 = \frac{v_t}{v_t + v'_o} \quad (8)$$

$$\delta_2 = \frac{v_t}{v_t + v''_o} \quad (9)$$

gde je:

$v_t$  — brzina lanca otkopnog transportera ( $\text{m}/\text{min}$ )

$\psi_p$  — koeficijent utovara uglja u otkopni transporter koji zavisi od tehnološke šeme rada otkopne mašine

— kod dvostranog rada otkopne mašine koeficijent  $\psi_p$  se ne uzima u proračun

— kod jednostranog rada mašine i utovara uglja u transporter u radnom hodu  $\psi_p = 1$

— kod jednostranog rada mašine i utovara uglja u povratnom hodu vrednost koeficijenta  $\psi_p$  određuje se u zavisnosti od širine zahvata i visine otkopavanja prema tablici 1

Vrednost koeficijenta  $\psi_p$  u funkciji širine zahvata i visine otkopavanja

Tablica 1

Širina zahvata (m)	Visina otkopavanja (m)									
	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4	2,8	3,2	3,6
0,50	0,47	0,55	0,62	0,68	0,72	0,78	0,82	0,84	0,86	0,88
0,63	0,36	0,48	0,57	0,63	0,68	0,74	0,79	0,82	0,84	0,86
0,80	0,28	0,40	0,50	0,57	0,62	0,70	0,75	0,79	0,81	0,83

$\gamma$  – zapreminska masa uglja ( $t/m^3$ ).

Proračunate vrednosti treba uskladiti sa kapacitetom otkopnog transportera zadovoljavajući uslov:

$$a_{i(\max)} \leq a_t \quad (10)$$

$a_t$  – kapacitet otkopnog transportera ( $t/min$ )

### Jedinični kapacitet pripremnih radilišta

Prosečni kapacitet pripremnih radilišta sa kojih ugalj (jalogina) dolazi na sabirni transportni sistem zavisi od količine iskopa koja se dobije izvršavanjem jednog proizvodnog ciklusa, zapreminske masu materijala u kome se prostorija izrađuje i vremena trajanja utovara i odvoza sa čela, a iznosi:

$$q_{1(p)} = \frac{Q\gamma}{t} \quad (t/min) \quad (11)$$

gde je:

$Q$  – količina iskopa po jednom ciklusu ( $m^3$ )

$\gamma$  – zapreminska masa iskopa ( $t/m^3$ )

$t$  – vreme trajanja utovara i odvoza (min)

### Zbirni kapacitet sabirnih transporterera

Zbirni kapacitet sabirnih transporterera određuje se zavisno od broja otkopnih jedinica i pripremnih radilišta sa kojih ugalj (materijal) dolazi na sabirni transporter, a određuje se iz odnosa:

$$U_{\max} = \sum_{i=1}^u a_{i(\max)} + z \sum_{i=1}^u q_{1(p)_i} \quad (t/min) \quad (12)$$

gde je:

$$\sum_{i=1}^u a_{i(\max)} = \text{zbirni maksimalni kapacitet otkopnih jedinica (t/min)}$$

$$\sum_{i=1}^u a_{i(\max)} = \sum_{i=1}^u a_{1(p)_i} + n_\sigma \sqrt{\sum_{i=1}^u \sigma_i^2} \quad (13)$$

$$\sum_{i=1}^u a_{1(p)_i} = \frac{\sum_{i=1}^u A_{sm}}{60 T_{sm} \sum_{i=1}^u K_{pi}} \quad (t/min) \quad (14)$$

$$\sum_{i=1}^u K_{pi} = 1 - (1 - K_{p_1}) (1 - K_{p_2}), \dots \\ \dots (1 - K_{pu}) \quad (15)$$

$\sigma_i$  – srednje kvadratno odstupanje vrednosti jediničnih kapaciteta ( $a_{i(\max)}$ ) i ( $a_{i(p)}$ )

$$\sigma_i = \frac{a_{i(\max)} - a_{i(p)}}{2,33} \quad (16)$$

$n_\sigma$  – parametar verovatnoće čija se vrednost uzima iz tablice 2 u zavisnosti od veličine  $\sum K_{pi}$

### Vrednost parametara verovatnoće

Tablica 2

$\sum_{i=1}^u K_{pi}$	$n_\sigma$	$\sum_{i=1}^u K_{pi}$	$n_\sigma$	$\sum_{i=1}^u K_{pi}$	$n_\sigma$
Do 0,01	0,50	0,23	2,02	0,45	2,29
0,02	0,75	0,24	2,04	0,46	2,30
0,03	1,00	0,25	2,06	0,47	2,31
0,04	1,15	0,26	2,08	0,48	2,32
0,05	1,28	0,27	2,09	0,49	2,33
0,06	1,38	0,28	2,10	0,50	2,33
0,07	1,46	0,29	2,12	0,51	2,34
0,08	1,53	0,30	2,13	0,52	2,34
0,09	1,59	0,31	2,15	0,53	2,35
0,10	1,64	0,32	2,16	0,54	2,35
0,11	1,68	0,33	2,17	0,55	2,36
0,12	1,73	0,34	2,18	0,56	2,36
0,13	1,76	0,35	2,19	0,57	2,37
0,14	1,80	0,36	2,20	0,58	2,38
0,15	1,84	0,37	2,21	0,59	2,38
0,16	1,87	0,38	2,22	0,60	2,39
0,17	1,90	0,39	2,23	0,61	2,40
0,18	1,92	0,40	2,24	0,62	2,41
0,19	1,94	0,41	2,25	0,63	2,41
0,20	1,96	0,42	2,26	0,64	2,42
0,21	1,98	0,43	2,27	0,65	2,42
0,22	2,00	0,44	2,28	—	—

$\sum_{i=1}^u q_{1(p)}$  – zbirni kapacitet pripremnih radilišta ( $t/min$ )

$z$  – koeficijent neravnomernosti dotoka koji se određuje zavisno od broja pripremnih radilišta sa kojih sklop dolazi na sabirni transporter, a prema tablici 3.

### Koeficijent neravnomernosti dotoka

Tablica 3

Broj priprema	2	3	4	5	6
$z$	0,95	0,85	0,75	0,60	0,50

$n$  – broj otkopnih i pripremnih radilišta.

Na osnovu proračunatih vrednosti zbirnog kapaciteta svakog pojedinačnog transporteru u sistemu se vrši izbor odgovarajuće transportne opreme, a prema uslovu:

$$a_t \geq u_{\max} \quad (t/\text{min}) \quad (17)$$

$$a_t = f(B; \sigma)$$

Projektovani kapacitet jaće ostvaruju dva otkopa sa širokim čelom i četiri pripremna radilišta u jednovremenom radu.

Ugalj se na otkopu širokog čela dobija mehanizovanim tehnologijom otkopavanja primenom otkopne mašine. Izrada pripremnih prostorija je, takođe, mehanizovana, primenom kombajna za izradu podzemnih prostorija.

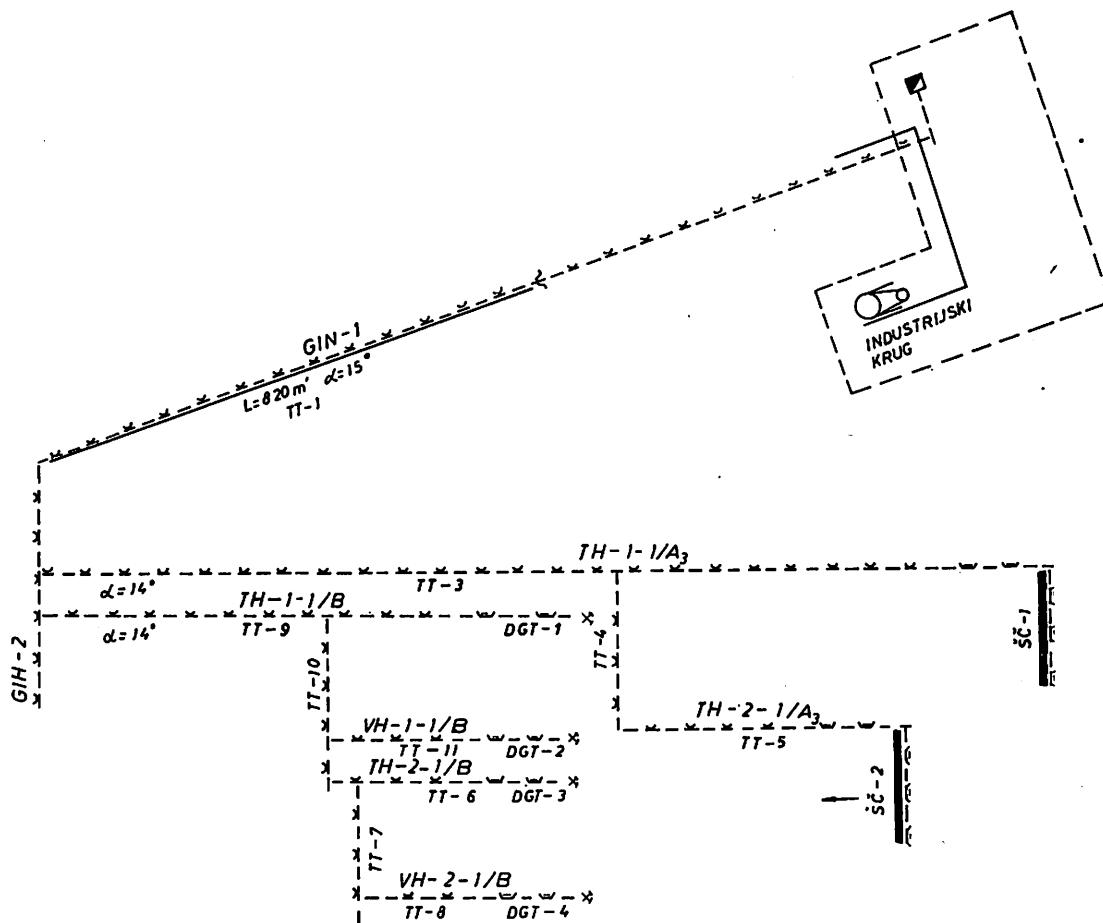
### *Primer proračuna*

Primenom izložene metodologije definisani su kapaciteti transporta i pri projektovanju transportnog sistema uglja na primeru jednog rudnika uglja u SR Srbiji.

Tehnološka šema transporta data je na slici 1.

### *Polazni podaci za proračun*

- Otkop  
proizvodnja otkopa širokog  
čela  
dužina otkopa  
dubina zahvata otkopne  
mašine



Sl. 1 – Tehnološka šema jamskog transporta uglja.

prečnik bubenja (visina otkopavanja)	$h_0 = 1,60 \text{ m}$	Na osnovu proračunatih vrednosti kapaciteta transportnih uređaja, u sistemu kontinuiranog transportnog sistema, dobijene su konstruktivne karakteristike i dimenzije gumenih transporterera sabirnog sistema transporta:
brzina rada otkopne mašine	$v_{\max} = 6,0 \text{ m}'/\text{min}$	
brzina lanca otkopnog transportera	$v_t = 55,2 \text{ m}'/\text{min}$	
broj radnih ciklusa u smeni	$n = 4$	
zapreminska masa uglja	$\gamma = 1,2 \text{ t}/\text{m}^3$	
<b>- Priprema na radilišta</b>		
količina iskopa po jednom ciklusu	$Q_c = 9,0 \text{ m}^3/\text{cikl.}$	širina trake $B = 1000 \text{ mm}$ brzina trake $v = 1,32 \text{ m}/\text{s}$
vreme trajanja utovara	$t = 50 \text{ min}$	
zapreminska masa uglja	$\gamma = 1,2 \text{ t}/\text{m}^3$	
<b>- Rezultati proračuna:</b>		
Prosečni kapacitet otkopa	$a_1(p) = 2,17 \text{ t}/\text{min}$	– sabirna transportna traka otkopnog polja (TT-1)
maksimalni kapacitet otkopa	$a_1(\max) = 4,15 \text{ t}/\text{min}$	širina trake $B = 1000 \text{ mm}$ brzina trake $v = 1,32 \text{ m}/\text{s}$
prosečni kapacitet pripreme	$q_{11}(p) = 0,20 \text{ t}/\text{min}$	– sabirna transportna traka otkopnog stuba (TT-3)
vremenski koeficijent trajanja odvoza uglja sa otkopa	$K_{pi} = 0,30$	širina trake $B = 1000 \text{ mm}$ brzina trake $v = 1,32 \text{ m}/\text{s}$
zbirni koeficijent	$\sum_{i=1}^2 K_{pi} = 0,51$	– transportne trake TT-4 i TT-5 kojima se ugalj, dobijen na otkopu širokog čela ŠČ-2, prevozi do sabirne trake otkopnog stuba:
zbirni prosečni kapacitet otkopa	$\sum_{i=1}^2 a_1(p) = 1,30 \text{ t}/\text{min}$	širina trake $B = 800 \text{ mm}$ brzina trake $v = 1,32 \text{ m}/\text{s}$
parametar verovatnoće srednje kvadratno odstupanje vrednosti jediničnih kapaciteta	$n_\sigma = 2,34$	– sabirna transportna traka u otkopnom polju koji se priprema za otkopavanje (TT-9)
zbirni maksimalni kapacitet transporta uglja iz otkopnog fronta	$\sum_{i=1}^2 a_1(\max)_i = 5,17 \text{ t}/\text{min}$	širina trake $B = 1000 \text{ mm}$ brzina trake $v = 1,32 \text{ m}/\text{s}$
zbirni kapacitet transporta uglja sa priprema	$\sum_{i=1}^4 q_{11}(p)_i = 0,48 \text{ t}/\text{min}$	– transportne trake u otkopnom polju koje se priprema za otkopavanje (ZZ-6; TT-7; TT-8; TT-10 i TT-11)
zbirni maksimalni kapacitet sabirnog transportnog sistema jame	$U_{\max} = 5,65 \text{ t}/\text{min}$	širina trake $B = 800 \text{ mm}$ brzina trake $v = 1,32 \text{ m}/\text{s}$

#### SUMMARY

#### Definition of Haulage Capacities of Complex Systems in Underground Coal Mines

Outline is given of the methodology used in Mining Institute. Practical check indicated that the methodology affords an adequate basis for solving underground haulage problems prevailing in underground coal mines of our country.

Initial bases of the methodology include average and maximum minute capacities of mining units and average outputs of temporary workings.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Bestimmung der Leistungsfähigkeit von zusammengesetzten Fördersystemen in den Kohlengruben mit Untertage—Gewinnung

Es wurde die Methodik, die im Bergbauinstitut angewandt wird, dargestellt. Durch Nachprüfung in der Praxis wurde festgestellt, dass diese Methodik eine positive Grundlage zur Lösung der Problematik des Grubentransports unter den Bedingungen von unseren Kohlengruben mit Untertage—Gewinnung, darstellt.

Ausgangsgrundlagen der Methodik bilden durchschnittliche und maximale minutliche Kapazität der fördernden Abbaupunkte und die Durchschnittskapazität des Vorrichtungsbetriebs.

## РЕЗЮМЕ

### Определение мощности транспортировки сложных систем на рудниках угля с подземной эксплуатацией

Показана методика применяемая в Горном институте. Проверкой в практике что методика предоставляет позитивное основание для разрешения проблема штрафной транспортировки в условиях наших рудников с подземной эксплуатацией.

Исходную основу методики представляют средние и максимальные минутные мощности производственных выемочных единиц и средняя мощность подготовительных разработок.

## Literatura

1. Šorin, V. G. i grupa autora: Sistem vnutrišnjog transporta.

2. Ponomarenko, V. A.: Sistemy podzemnogo transporta na ugol'nyh šahtah.

3. Projekti Rudarskog instituta, Beograd

Autor: dipl.inž. Branimir Delević, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: dipl.inž. M. Petrović, Rudarski institut, Beograd  
Članak primljen 24.2.1984, prihvaćen 23.5.1984.

# Priprema mineralnih sirovina

UDK 66,063.4:622.349.5  
Naučno-istraživački rad

## PLANIRANJE I VRŠENJE PRELIMINARNIH ISPITIVANJA POSTUPKA LUŽENJA RUDE URANA

(sa 1 slikom)

Dr inž. Dragan Petković – dr inž. Vera Živanović

### Uvod

Planiranje i vršenje preliminarnih ispitivanja na nedovoljno poznatim uzorcima predstavlja vrlo složen zadatak s kojim se istraživači često susreću.

Kod planiranja ispitivanja primene postupka luženja na nedovoljno poznatoj rudi urana, zadatak je bio da se, pre svega, bliže odredi položaj optimuma nekih najvažnijih parametara. Velike šrine opsega, u preliminarnim ispitivanjima, odabranih najznačajnijih parametara, nisu omogućavale primenu linearne aproksimacije promene efikasnosti ekstrakcije urana od koncentracije ekstragensa i dužine trajanja ekstrakcije.

Za ova ispitivanja je primenjena heksagonalna rotaciona matrica opita. S obzirom na usvojenu matricu opita sa dve promenljive, ostali parametri ekstrakcije su odabrani tako, da ne bi trebalo u većoj meri da predstavljaju limitirajući faktor ekstrakcije urana.

### Opiti luženja

#### Uzorak rude

Za opite je korišćen uzorak rovne rude (tablica 1). Uzorak je usitnjen do ggk  $149 \mu\text{m}$  (100%). Granulometrijski sastav uzorka posle usitnjavanja je bio sledeći:

Klasa: $\mu\text{m}$	Masa (M %)
+ 149	0
- 149 + 104	18,0
- 104 + 74	14,0
- 74 + 53	10,0
- 53	58,0
- 149 +	100,0

#### Hemografska analiza uzorka rude

Tablica 1

Sastojci	%
$\text{SiO}_2$	66,15
$\text{Al}_2\text{O}_3$	7,70
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	0,33
$\text{CaO}$	11,37
$\text{MgO}$	0,1
$\text{TiO}_2$	0,1
$\text{MnO}$	0,15
$\text{Na}_2\text{O}$	1,46
$\text{K}_2\text{O}$	2,76
Gubitak zarenjem	1,16
$\text{U}(\text{U}_3\text{O}_8) \text{ g/t}$	622 (733)

#### Semikvantitativna analiza elemenata u tragu:

ND : Cd, Be, As, B, Ge, Bi, Mo, Zn

T : Sn, Cr, Ag, Co

+ : Mn, Mg, Pb, Ni, Ti

++ : Fe, Al, V, Na, Ca

+++ : Si

#### Legenda:

ND = nije detektovano; T = tragovi 100 ppm; + = 0,1%;  
++ = 1%; +++ = osnova.

# Priprema mineralnih sirovina

UDK 66.063.4:622.349.5  
Naučno-istraživački rad

## PLANIRANJE I VRŠENJE PRELIMINARNIH ISPITIVANJA POSTUPKA LUŽENJA RUDE URANA

(sa 1 slikom)

Dr inž. Dragan Petković – dr inž. Vera Živanović

### Uvod

Planiranje i vršenje preliminarnih ispitivanja na nedovoljno poznatim uzorcima predstavlja vrlo složen zadatak s kojim se istraživači često susreću.

Kod planiranja ispitivanja primene postupka luženja na nedovoljno poznatoj rudi urana, zadatak je bio da se, pre svega, bliže odredi položaj oblasti optimuma nekih najvažnijih parametara. Velike šrine opsega, u preliminarnim ispitivanjima, odabranih najznačajnijih parametara, nisu omogućavale primenu linearne aproksimacije promene efikasnosti ekstrakcije urana od koncentracije ekstragensa i dužine trajanja ekstrakcije.

Za ova ispitivanja je primenjena heksagonalna rotaciona matrica opita. S obzirom na usvojenu matricu opita sa dve promenljive, ostali parametri ekstrakcije su odabrani tako, da ne bi trebalo u većoj meri da predstavljaju limitirajući faktor ekstrakcije urana.

Klasa: $\mu\text{m}$	Masa (M %)
+ 149	0
- 149 + 104	18,0
- 104 + 74	14,0
- 74 + 53	10,0
- 53	58,0
- 149 + 0	100,0

### Hemijačka analiza uzorka rude

Tablica 1

Sastojci	%
SiO <sub>2</sub>	66,15
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,33
CaO	11,37
MgO	0,1
TiO <sub>2</sub>	0,1
MnO	0,15
Na <sub>2</sub> O	1,46
K <sub>2</sub> O	2,76
Gubitak žarenjem	1,16
U (U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> ) g/t	622 (733)

### Semikvantitativna analiza elemenata u tragu:

ND : Cd, Be, As, B, Ge, Bi, Mo, Zn  
T : Sn, Cr, Ag, Co  
+ : Mn, Mg, Pb, Ni, Ti  
++ : Fe, Al, V, Na, Ca  
+++ : Si

### Legenda:

ND = nije detektovano; T = tragovi 100 ppm; + = 0,1%; ++ = 1%; +++ = osnova.

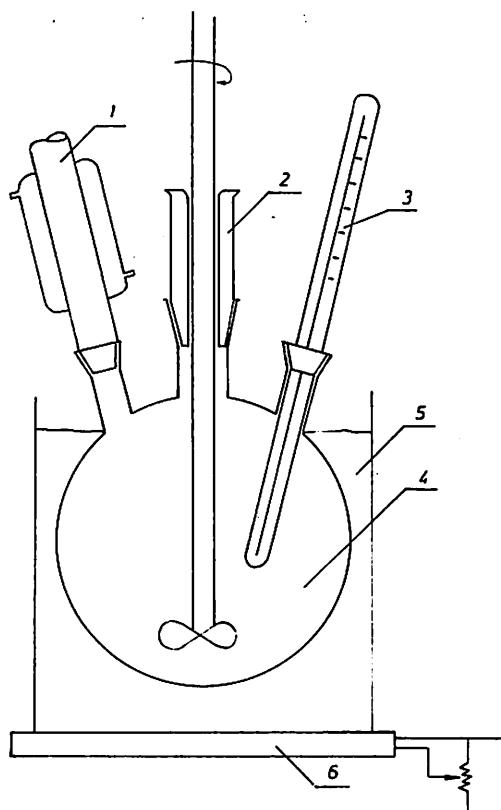
### Opiti luženja

### Uzorak rude

Za opite je korišćen uzorak rovne rude (tablica 1). Uzorak je usitnjen do ggk 149  $\mu\text{m}$  (100%). Granulometrijski sastav uzorka posle usitnjavanja je bio sledeći:

## Aparatura

Za ispitivanje uticaja temperature (od sobne do 90°C) i koncentracije ekstrakcionog agensa uz prisustvo mešanja, na atmosferskom pritisku, izrađena je aparatura i prikazana na slici 1. Aparatura se sastoji od sledećih delova: 1 – vodenih hladnjaka, 2 – staklena mešalica kod koje je zaptivanje obezbeđeno preko vođice sa šlifom; 3 – termometar (0–100°C) kl 1; 4 – reakcioni trogrli balon sa šlifovima (500 ml); 5 – vodeno kupatilo i 6 – regulaciona grejna ploča.



Sl. 1 — Aparatura za luženje urana  
1 — vodenih hladnjaka; 2 — mešalica sa šlifom; 3 — termometar; 4 — reakcioni balon; 5 — vodeno kupatilo; 6 — grejna ploča.

## Hemikalije

$\text{Na}_2\text{CO}_3$ , pa (Riedel — de Haem AG, Seelze — Hannover)  
 $\text{NaHCO}_3$ , pa (Riedel — de Haem AG, Seelze — Hannover)

$\text{H}_2\text{SO}_4$ , pa (Alkaloid, Skoplje)  
 $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , pa (Riedel — de Haem AG, Seelze — Hannover)

## Opis postupka

U aparaturu je uneto kroz otvor za termometar 100 g rude. Posle dostizanja radne temperature vodenog kupatila — (oko 20°C iznad radne temperature) stavljeno je 150 ml ekstrakcionog agensa. Istovremeno je puštena u rad mešalica. Broj obrtaja mešalice je podešen tako da bude nešto iznad broja obrtaja, a pri tome je uočavano postojanje granice bistrog sloja na gornjoj površini pulpe.

Merenje trajanja eksperimenta počinjalo je posle dostizanja (oko 10 min) radne temperature u pulpi.

Po završetku eksperimenta pulpa je proceđena vakuumskom filtracijom na nulu uz primenu filter papira, crna traka.

Zapremina filtrata je izmerena i data na analizu, dok je filtrirani sloj ispran sa oko 2000 ml vode, što je bilo dovoljno za dobro ispiranje.

Otfiltriran i ispran sloj je sušen do konstantne težine (oko 4 h na 90°C) i izmeren, a zatim analiziran na sadržaj preostalog urana.

## Radni uslovi

### a) Kiselinsko luženje:

Ruda BNŠ: 100% ( $-149 \mu\text{m}$ )

Količina: 100 g

Ekstr. agens:  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Gustina pulpe:  $\text{C} : \text{T} = 40 : 60$

Radna temperatura: 40°C

Heksagonalna rotaciona matrica opita za opseg

Kiselina:  $X_1 = 20 - 140 \text{ g/l}$

Vreme:  $X_2 = 2 - 8 \text{ h}$

Bazni parametri:			Stvarni parametri:	
Opit broj	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Ekstrakcioni agens H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> X <sub>1</sub> g/l	Vreme X <sub>2</sub> (h)
1	1	0	140	5
2	0,5	0,866	110	7 h 36 min
3	-0,5	0,866	50	7 h 36 min
4	-1	0	20	5
5	-0,5	-0,866	50	2 h 24 min
6	0,5	-0,866	110	2 h 24 min
7	0	0	80	5
8	0	0	80	5
9	0	0	80	5
10	0	0	80 + 0,5 g Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	5

**b) Bazno luženje:**Ruda BNŠ: 100% ( $-149 \mu\text{m}$ )

Količina: 100 g

Ekstr. agens: 10 g/l NaHCO<sub>3</sub> + Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>

Gustina pulpe: Č : T = 40 : 60

Radna temperatura = 70°C

**Koncentracija reagenasa**

Tablica 2

a) Kiselinsko luženje		
Opit broj	Polazni rastvor konc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> g/l	Nakon luženja konc. H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> g/l
1	129,99	36,44
2	109,40	27,70
3	46,78	8,86
4	16,99	2,71
5	46,78	10,09
6	109,40	28,56
7	77,31	17,97
8	77,31	18,22
9	77,31	20,31
10	75,83	18,47

**b) Bazno luženje**

Opit broj	Polazni rastvor CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> g/l + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> g/l	Nakon luženja CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> g/l + HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> g/l
1	71,78	39,30
2	69,16	17,14
3	41,85	14,80
4	24,12	9,75
5	41,85	14,80
6	69,16	17,14
7	49,11	20,38
8	49,11	20,38
9	49,11	20,38

Heksagonalna rotaciona matrica opita, kao i u prethodnom slučaju, za opseg:

Ekstr. agens X<sub>1</sub> = 10 g/l NaHCO<sub>3</sub> + 60 g/l Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> do 10 g/l  
NaHCO<sub>3</sub> + 180 g/l Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>  
Vreme X<sub>2</sub> = 6 – 24 h

Sadržaj sumporne kiseline, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> i HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> g/l u polaznim rastvorima i odgovarajućim ekstraktima dat je u tablici 2.

**Rezultati opita i diskusija rezultata**

Rezultati opita su prikazani tablično.

Analize sadržaja urana u ekstraktu i ostatku izvršenih opita su izložene u tablici 3.

**Rezultati fluorimetrijske analize**

Tablica 3

Br. opita	Ekstrakt	Čvrsti ostatak nakon luženja i filtriranja
Kis. luženje	mg/l U	ppm U
1	305,0	86
2	203,0	144
3	92,8	330
4	25,0	417
5	64,3	340
6	192,8	180
7	150,0	268
8	146,4	210
9	160,7	272
10	196,4	234
Bazno luženje	mg/l U	ppm U
1	6,85	570
2	6,65	510
3	5,77	580
4	6,00	660
5	6,15	530
6	6,20	540
7	6,30	500
8	5,60	620
9	6,10	445

Na osnovu rezultata, prikazanih u tablici 3, i urađenog materijalnog bilansa eksperimenata za kiselinsko luženje je izvedena jednačina procentualnog provođenja urana u rastvor za polazne uslove:

Ruda BNŠ: 100% ( $-149 \mu\text{m}$ )

Č : T = 40 : 60

Za opseg: 20 – 140 g/l H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

Vreme: 2 h, 24 min – 7 h, 36 min

t = 400

koja glasi:

$$U \% = 47,95 + 38,29 x_1 + 4,61 x_2 - 1,70 x_1^2 - 2,93 x_2^2 - 1,77 x_1 x_2$$

$$x_1 = \frac{c - 80}{60} \quad x_2 = \frac{t - 5}{3}$$

Koncentracija  $c = (\text{g/l } H_2SO_4)$ ; vreme  $t = (\text{h})$

Na osnovu ove jednačine mogu se izračunati razlike računskih i dobijenih vrednosti za U %.

Računato	Dobijeno	Razlika (rač. dob.)
84,54	84,25	+ 0,29
67,70	67,89	- 0,19
30,94	29,68	+ 1,26
7,96	8,25	- 0,29
22,96	22,10	+ 0,86
61,25	61,64	- 0,39
47,95	45,64	+ 2,31
47,95	51,19	- 3,24
47,95	47,03	+ 0,92

Analiza grešaka fitovanja i eksperimentalne greške daje:

$$\frac{\text{MS greška fitovanja}}{\text{MS eksperimentalne greš.}} = \frac{2,68}{2,89} = 0,92$$

F = funkcija za 1 i 2 stepena slobode pri 95% pouzdanosti = 18,5, pa naš empirijski model predstavlja izvanrednu saglasnost sa dobijenim rezultatima.

Primenom navedene jednačine dobijeni su podaci o iskorišćenju urana prikazani u tablici 4.

Uticaj koncentracije sumporne kiseline i trajanja luženja na stepen ekstrakcije urana (U %)

Tablica 4

Vreme (h)	2	5	8
Konc. $H_2SO_4, \text{ g/l}$			
20		7,96	
50	21,72	28,38	29,17
80	40,41	47,95	49,63
110	58,24	66,67	69,23
140		84,54	

### Zaključni osvrt

Na osnovu rezultata izloženih u radu zaključujemo da:

- dužina trajanja eksperimenta u datom opsegu ne predstavlja toliko značajnu veličinu koliko koncentracija kiseline
- dalje povišenje iskorišćenja iznad 84,54% je ostvarivo u oblasti 170–140 g/l i u vremenu 2–5 h, ili uz dodatak  $Fe_2(SO_4)_3$ . Ostvareno povišenje iskorišćenja (U%) je oko 7,78% uz dodatak 3,35 g/l  $Fe_2(SO_4)_3$  pri 80 g/l  $H_2SO_4$  i 5 h ekstrakcije
- filtracijom se u prvom filtriranju može dobiti oko 57% ekstrahovanog urana. Utrošak sumporne kiseline za navedene uslove je dat jednačinom:

$$U \% = 75,64 - 2,03 x_1 - 1,946 x_2 + 2,37 x_1^2 - 1,03 x_2^2 - 1,01 x_1 x_2$$

sa prosečnim odstupanjem računskih vrednosti od dobijenih za  $\pm 2,03\%$

- za razliku od kiselinskog luženja bazno luženje se pokazalo kao neprimenljivo na radu BNŠ u navedenom opsegu merenja sa prosečnim izluženjem U% od oko 1,65%.

### SUMMARY

#### Planning and Carrying Out of Preliminary Uranium Ore Leaching Tests

Preliminary tests should also be fully efficacious. Mathematical models for completion of tests may be of great assistance.

By use of a rotary hexagonal matrix with two variables, a minimum number of experiments afforded the development of equations of uranium yield and consumption of sulphuric acid as a function of sulphuric acid concentration and experiment duration.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Planung und Vorausbestimmende Verfahrensuntersuchungen zur Uranerzlaugung

Vorausbestimmende Untersuchungen sollen ebenfalls maximal wirkungsvoll sein. Bedeutende Hilfe können dabei mathematische Modelle zur Durchführung von Untersuchungen leisten.

Durch Anwendung der hexagonalen Rotationsmatrix mit zwei Variablen, auf Grund von einer Mindestzahl von Versuchen, wurde eine Gleichung zum Uranausbringen sowie des Aufwandes von Schwefelsäure in Funktion der Schwefelsäurekonzentration und der Extraktionszeitdauer, ausgeführt.

## РЕЗЮМЕ

### Планирование и выполнение предварительных испытаний процесса выщелачивания урановой руды

Предварительные испытания должны, также, быть максимально эффективными. Значительную помощь при этом могут оказать математические модели для проведения опытных работ.

Применением ротационной хонсагональной матрицы для двух изменяемых, на основании минимального числа экспериментов, выполнено уравнение добычи урана, а также потребления серной кислоты в функции концентрации серной кислоты и времени продолжительности экстракции.

## Literatura

1. Harrington, D.Ch., Ruchle, E.Ag., 1959: Uranium Production Technology, D. van Nostrand Company, INC, Princeton, New Jersey, Toronto, New York, London.
2. Wilkinson, W.D., 1962: Uranium Metallurgy, vol. I, Uranium Process Metallurgy.
3. Galikin, N.P., Tihomirov, V.B., 1961: Основные процессы и аппараты технологии урана. – Газатомиздат, Москва.
4. Bunić, B. i saradnici, 1958: Luženje pepela „PD“ i izdvajanje urana iz rastvora putem jonske izmene. – INTEMS–M–III/2.
5. Kesarović, V., Živanov, Ž., 1958: Izdvajanje urana iz rude C alkalnim postupkom luženja. Izdvajanje urana jonskom izmenom iz rastvora kod luženja rude C. – INTEMS–M–III/18.
6. Kesarović, V., 1960: Luženje rude J alkalnim postupkom. – INTEMS–M–III/44,3.
7. Developments in Canadian Uranium Milling Practice, Lead Journal of Metals, 22 (1970) 7, s.52–56.
8. Uranium Milling Overview Coleman, Am. Min. Congr. J. 66 (1980) 11, s. 53–54.

Autori: dr inž. Dragan Petković, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd i dr inž. Vera Živanović, Energoprojekt, Beograd  
Recenzent: dipl.inž. M. Mitrović, Rudarski institut, Beograd  
Članak primljen 7.5.1984, prihvaćen 23.5.1984.

UDK 622.7:622.344.1

Istraživačko—primjenjeni rad

## IZDVAJANJE SELEKTIVNIH KONCENTRATA MINERALA OLOVA I BAKRA IZ KOMPLEKSNE Pb—Zn—Cu RUDE RUDNIKA RUDNIK

(sa 6 slika)

Dipl.inž. K o s t a M i š ić

### U v o d

U flotaciji rudnika Rudnik vrši se prerada polimetalične Pb—Zn—Cu rude. Od početka rada flotacije 1953. godine do 1966. godine proizvodili su se selektivni koncentrati minerala olova i cinka. Rekonstrukcijom flotacijskog postrojenja 1966. godine i izmenom reagentnog režima, umesto visokokvalitetnog koncentrata olova, prešlo se na proizvodnju kolektivnog Pb—Cu koncentrata, čime je omogućeno korišćenje i minerala bakra, pa ova tehnologija ni do danas nije bitno menjana.

Kolektivni Pb—Cu koncentrat šalje se na preradu u topionicu olova Trepča, a bakar se valorizuje preko bakarnog kamenca, koji se preraduje u topionici kombinata Bor.

Nepovoljni ekonomski efekti, koji se ostvaruju proizvodnjom i preradom kolektivnog Pb—Cu koncentrata, uslovili su da se pristupi izučavanju mogućnosti proizvodnje selektivnih koncentrata minerala olova i bakra. Laboratorijska ispitivanja vršena su u dva pravca i to:

- ispitivanja u cilju dobijanja selektivnih koncentrata, razdvajanjem postojećeg kolektivnog Pb—Cu koncentrata i
- ispitivanja u cilju dobijanja selektivnih koncentrata minerala olova i bakra metodom direktnog selektivnog flotiranja.

Laboratorijski opiti rađeni su u laboratoriji Rudarskog instituta — Beograd u Zemunu i ekspe-

rimentalnoj flotaciji rudnika Rudnik, a fundamentalna ispitivanja na čistim mineralima na Rudarsko—geološkom fakultetu, katedri za PMS.

### Osnovne karakteristike rude, proizvoda koncentracije i postojećeg tehnoškog procesa

Ruda koja se preraduje u flotaciji dolazi sa više lokaliteta, pa su i promene u pogledu sadržaja rudnih i nerudnih minerala znatne. U celini ruda je skarnovskog tipa sa visokim učešćem kvarca, skarnovskih minerala i pirhotinu.

Najvažniji korisni minerali predstavljeni su galenitom, svaleritom i halkopiritom.

Galenit se javlja retko slobodan, najčešće je prorastao pirhotinom, svaleritom i mineralima jalovine. Veličina zrna 0,07—0,15 mm.

Svalerit je predstavljen svojim varijetetom — marmatitom. Najčešće je slobodan, a ređe prorastao pirhotinom i mineralima jalovine. Veličina zrna iznosi 0,01—1 mm.

Halkopirit je obično prorastao pirhotinom, a često se javlja i slobodan. Veličina zrna je oko 0,05 mm.

Učešće slobodnog kvarca u rudi kreće se do 30%, a ukupnog  $\text{SiO}_2$  do 50%.

Pirhotin je zastupljen sa 5—35%.

Učešće pirita, arsenopirita i limonita u ležištu je znatno manje.

Sadržaj osnovnih korisnih metala u rudi i proizvodima koncentracija dat je u tablici 1.

ju, s obzirom na uslove plaćanja i ograničenu mogućnost plasmana ovog koncentrata.

Potpunija valorizacija korisnih minerala može se ostvariti jedino proizvodnjom selektivnih kon-

#### Sadržaji metala u rudi i proizvodima koncentracije sa iskorišćenjem metala

Tablica 1

	Sadržaj metala (%)			Iskorišćenje metala (%)		
	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Ruda	1,5 – 2,5	1,0 – 2,2	0,30 – 0,80	100,00	100,00	100,00
Koncentrat Pb–Cu	28,0 – 62,0	1,0 – 3,0	3,0 – 16,00	90,0 – 92,0	3,0 – 5,0	70,0 – 75,0
Koncentrat Zn	0,5 – 1,0	47,0 – 50,0	0,5 – 0,7	—	80,0 – 85,0	—

Opšta tendencija je smanjenje sadržaja olova i cinka i povećanje sadržaja bakra.

U zavisnosti od sadržaja korisnih metala u rudi menja se i učešće olova i bakra u kolektivnom koncentratu, pri čemu kvalitet koncentrata u pogledu ukupnog sadržaja galenita i halkopirita ima manje–više približno konstantnu vrednost (80–82%).

Tehnološki proces, kao što se vidi iz šeme na sl. 1, sastoji se od:

- drobljenja rude u tri stepena do ggk 15 mm
- jednostadijalnog mlevenja u mlinu sa kuglama, koji radi u zatvorenom krugu sa spiralnim klasifikatorom, od finoće mline od 75,0% sadržaja klase – 0,074 mm
- kolektivnog flotiranja minerala olova i bakra sa etil i amil ksantatom, uz prethodno kondicioniranje pulpe sa krečom i modifikatorima: natrijum cijanidom i cink sulfatom
- trostrukog prečišćavanja kolektivnog koncentrata
- selektivnog flotiranja minerala cinka sa etil i amil ksantatom, uz prethodno aktiviranje bakar sulfitem
- četvorostrukog prečišćavanja koncentrata cinka.

Navedenim postupkom ostvaruju se određena iskorišćenja korisnih metala, koja su data u tablici 1.

Veoma promenljiv sadržaj olova i bakra u rudi uslovjava i veoma promenljiv sadržaj ovih metala u kolektivnom Pb–Cu koncentratu, postojećom tehnologijom, a time i njihovu nepotpunu valorizaci-

centrata u kom cilju su i vršena višegodišnja laboratorijska ispitivanja.

Mogućnošću dobijanja selektivnih koncentrata minerala olova i bakra sagledano je razdvajanje postojećeg kolektivnog koncentrata: cijanidom,bihromatom i sulfatnom metodom, kao i metodom direktnog selektivnog flotiranja.

#### Cijanidna metoda

Na uzorcima kolektivnog Pb–Cu koncentrata izvršena su laboratorijska ispitivanja razdvajanja deprimiranjem halkopirita natrijum cijanidom, uz prethodno uklanjanje kolektorskog filma kondicioniranjem sa natrijum sulfidom.

Pri potrošnji natrijum cijanida od 2000–5000 g/t koncentrata, nisu ostvareni povoljni efekti razdvajanja.

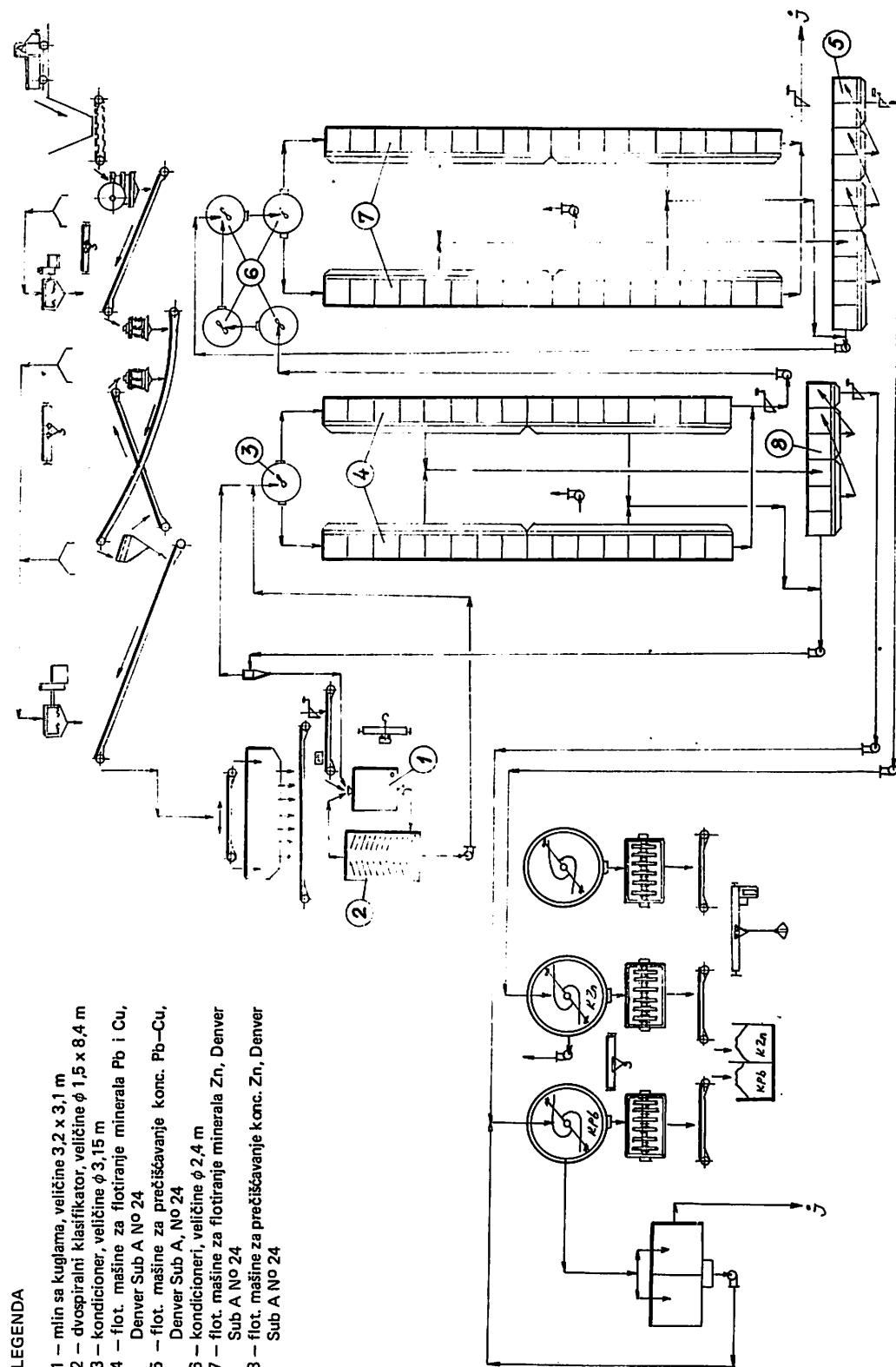
Od ove metode se odustalo zbog zagađenja otpadnih voda cijanidom i mogućeg rastvaranja plamenitih metala.

#### Bihromatna metoda

Na uzorcima kolektivnog Pb–Cu koncentrata sa nižim sadržajem bakra u koncentratu urađeni su laboratorijski opiti razdvajanja metodom deprimiranja galenita kalijum bihromatom.

Postupak se sastoji u sledećem:

- kondicioniranje kolektivnog koncentrata dodatkom sumporne kiseline



Sl. 1 – Šema tehnološkog procesa u flotaciji Rudnik.

- višestruko ispiranje koncentrata uz dodatak sveže vode
- kondicioniranje u prisustvu kalijum bihromata
- flotiranje halkopirita bez kolektora.

**Rezultati razdvajanja kolektivnog koncentrata bihromatnom metodom**

Tablica 2

Proizvodi	Serija opita broj	T%	Sadržaj metala %		Raspodela (%)	
			Pb	Cu	Pb	Cu
Konce-ntrat Pb-Cu	1	100,00	63,14	3,18	100,00	100,00
	2	100,00	62,77	3,55	100,00	100,00
	3	100,00	63,07	3,39	100,00	100,00
	4	100,00	60,51	2,59	100,00	100,00
	5	100,00	58,78	3,50	100,00	100,00
	6	100,00	58,09	3,61	100,00	100,00
Osnovni koncen-trat Cu	1	10,12	7,97	25,09	1,28	78,80
	2	10,75	7,27	25,55	1,24	77,43
	3	10,59	6,79	25,90	1,14	81,01
	4	7,85	4,81	25,84	0,63	74,47
	5	11,27	4,32	25,74	0,83	82,79
	6	11,82	4,35	25,72	0,89	84,19
Koncentrat Pb	1	89,88	69,35	0,76	98,72	21,20
	2	89,25	60,47	0,90	98,76	22,57
	3	89,41	69,74	0,72	98,86	18,99
	4	92,15	65,25	0,72	99,37	25,53
	5	88,73	65,71	0,68	99,17	17,21
	6	88,18	65,31	0,65	99,11	15,81

- ukupna potrošnja sumporne kiseline 5000 g/t
- vreme kondicioniranja sa kalijum bihromatom 20 min
- ukupna potrošnja kalijum bihromata 1500 g/t
- vreme flotiranja halkopirita 4 min

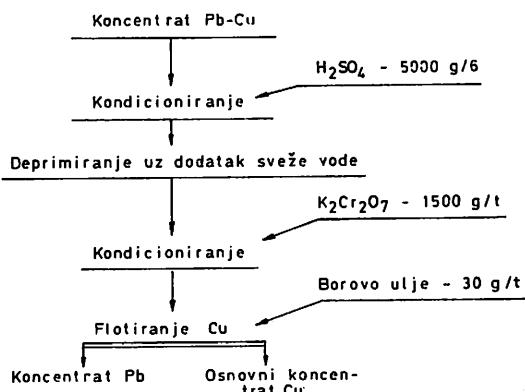
Dobijeni rezultati razdvajanja kolektivnog Pb–Cu koncentrata, deprimiranjem galenita kalijum bihromatom, prikazani su u tablici 2, a tehnološki postupak šemom na sl. 2.

**Sulfatna metoda**

Nedostaci cijanidne i bihromatne metode, koji se pre svega ogledaju u zagađenju otpadnih voda i mogućem rastvaranju plemenitih metala, uslovili su razradu bescijanidne–sulfatne metode. Ova metoda razdvajanja galenita od halkopirita sastoji se u deprimirajući galenita sulfoksidnim jedinjenjem u prisustvu različitih soli. Kako je bakar zastupljen isključivo u vidu halkopirita, bez prisustva oksidnih i drugih minerala, razdvajanje kolektivnog koncentrata ostvareno je relativno jednostavnim postupkom, bez upotrebe natrijum sulfida kao adsorbenta i bez zagrevanja pulpe u prisustvu modifikatora.

Postupak razdvajanja kolektivnog Pb–Cu koncentrata ovom metodom, sastoji se u sledećem:

- kondicioniranje kolektivnog koncentrata u prisustvu aktivnog uglja, pri čemu se vrši adsorpcija penušača i kolektora iz tečne faze i sa površina sulfidnih minerala; posle kondicioniranja nije potrebno vršiti ispiranje i zgušnjavanje koncentrata
- kondicioniranje kolektivnog koncentrata u prisustvu modifikatora: ferisulfata, natrijum tiosulfata i cink sulfata
- flotiranje halkopirita butil ksantatom i borovim uljem
- višestruko prečišćavanje osnovnog koncentrata halkopirita.



Sl. 2 — Razdvajanje kolektivnog koncentrata bihromatnom metodom.

U više serija opita utvrđeni su osnovni tehnološki parametri:

- vreme kondicioniranja sa sumpornom kiselinom 15 min

Na uzorcima kolektivnog koncentrata, uzetim iz skladišta koncentrata, kao i iz tekuće proizvodnje u vidu pulpe, urađeno je više serija sa mnogo laboratorijskih opita u otvorenom i zatvorenom ciklusu, pri čemu su utvrđeni osnovni tehnološki parametri: potrebna vremena kondicioniranja, flotiranja i prečišćavanja i potrošnja flotacijskih reagenasa.

Rezultati opita u zatvorenom ciklusu dati su u tablici 3, a šema razdvajanja i potrošnja flotacijskih reagenasa šematski na sl. 3.

#### Potrošnja flotacijskih reagenasa:

— aktivni ugalj	2000 g/t
— ferosulfat, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	1800 g/t
— natrijum tiosulfat, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	1800 g/t
— cink sulfat, $\text{ZnSO}_4$	1500 g/t
— butil ksantat	50 g/t
— borovo ulje	50 g/t

#### Metoda direktnog selektivnog flotiranja galenita i halkopirita iz rude

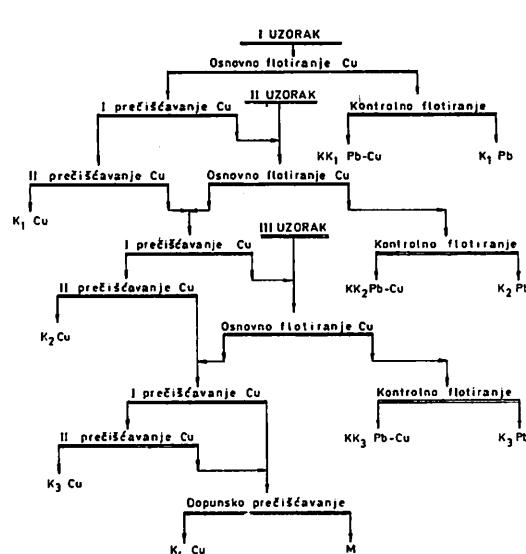
Ispitivanje u cilju dobijanja selektivnih koncentrata galenita i halkopirita metodom direktnog selektivnog flotiranja čini suštinsku razliku u koncipiranju procesa, koji se bitno razlikuje od izdvajanja kolektivnog Pb–Cu koncentrata sa potonjem razdvajanjem korisnih minerala u selektivne koncentrete.

#### Rezultati razdvajanja Pb–Cu koncentrata sulfatnom metodom

Tablica 3

Proizvod	T (%)	Sadržaj metala (%)			Raspodela (%)			EX
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu	
Koncentrat Pb–Cu	100,00	31,59	3,21	15,71	100,00	100,00	100,00	
Koncentrat Cu	45,26	2,02	1,51	30,29	2,89	21,31	87,23	
Kontrol. koncentrat	8,48	46,30	10,98	4,86	12,42	29,03	2,62	
Meduproizvod	6,60	24,04	7,84	16,01	5,03	16,14	6,72	
Koncentrat Pb	39,66	63,44	2,71	1,36	79,66	33,52	3,43	
Koncentrat Pb–Cu	100,00	31,59	3,21	15,71	100,00	100,00	100,00	
Koncentrat Cu	45,26	2,02	1,51	30,29	2,89	21,31	87,23	84,44
Koncentrat Pb	54,74	56,04	4,61	3,64	97,11	78,69	12,67	
Koncentrat Pb–Cu	100,00	31,59	3,21	15,71	100,00	100,00	100,00	
Koncentrat Cu	51,86	4,75	2,32	28,46	7,80	37,45	93,95	86,15
Koncentrat Pb	48,14	60,50	4,17	1,97	92,20	62,55	6,05	

EX – efekat razdvajanja



Sl. 3 — Razdvajanje kolektivnog koncentrata sulfatnom metodom — zatvoren ciklus

U pripremi mineralnih sirovina, pri tretiranju kompleksnih Pb–Zn–Cu ruda, ova metoda je do sada veoma malo istraživana i retko primenjivana. Osnovni problemi su: kako izvršiti selektivno deprimiranje i selektivno aktiviranje osnovnih korisnih minerala, uz istovremeno deprimiranje prisutnih sulfida gvožđa, a da se pri tom dobiju visokokvalitetni selektivni koncentrati i visoka iskorisćenja korisnih komponenti.

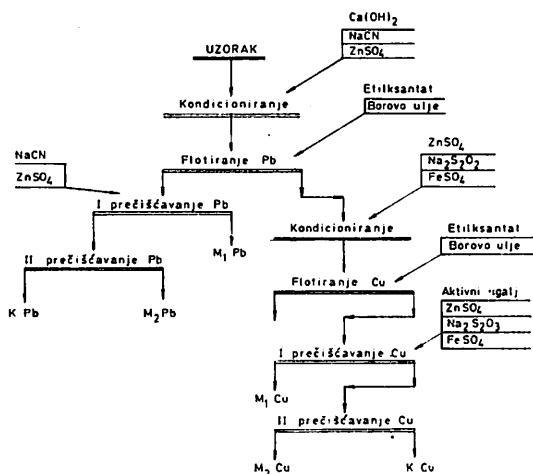
Koristeći prirodna flotabilna svojstva prisutnih korisnih minerala: galenita, halkopirita, marmatita i pirhotina, pristupilo se izvođenju laboratorijskih opita u kojima su postupno razrešavani navedeni problemi, upotreboom različitih modifikatora i desorbenata, koristeći istovremeno i iskustvo stečeno razdvajanjem kolektivnog Pb–Cu koncentrata.

Svi opiti urađeni su na uzorcima uzetim sa preliva klasifikatora u pogonu, čime je omogućena izrada velikog broja opita u kratkom vremenskom

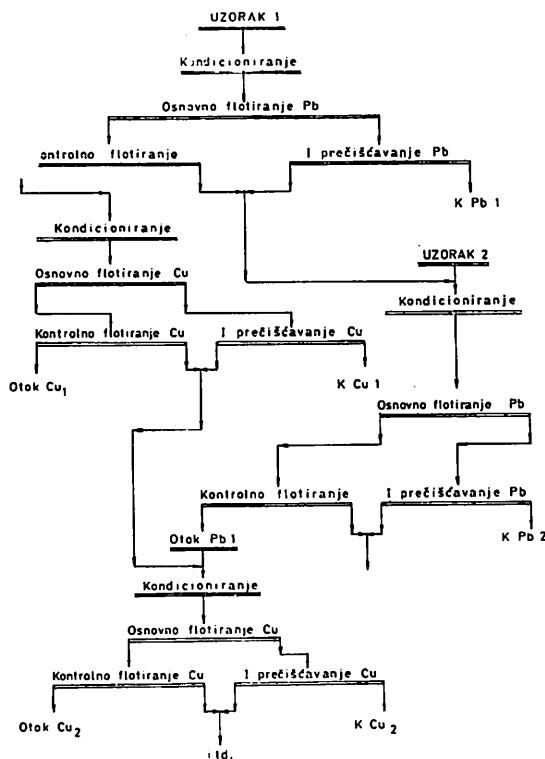
periodu, u uslovima veoma bliskim pogonskim. Laboratorijskim opitima u otvorenom ciklusu utvrđeni su osnovni tehnološki parametri, a zatim potvrđeni u opitima urađenim u zatvorenom ciklusu.

Metoda direktnog selektivnog flotiranja sastoji se u sledećem:

- deprimiranje minerala bakra, cinka i sulfida gvožđa, natrijum cijanidom i cink sulfatom, pri pH vrednosti pulpe od 8,8–9,0, pri čemu je kao regulator sredine korišćen kreč; vreme kondicioniranja u prisustvu regulatora sredine i modifikatora 10 min
- osnovno i kontrolno flotiranje galenita, u ukupnom vremenu od 10 min, sa kombinacijom etil i amil ksantata i borovim uljem
- trostruko prečišćavanje osnovnog koncentrata galenita u prisustvu modifikatora: natrijum cijanida i cink sulfata
- selektivno aktiviranje halkopirita, uz istovremeno deprimiranje minerala cinka i sulfida gvožđa, kondicioniranjem sa: ferosulfatom, cink sulfatom i natrijum tiosulfatom, u vremenu od 10 min
- osnovno i kontrolno flotiranje halkopirita sa etil i amil ksantatom i borovim uljem, u ukupnom vremenu od 10 min
- dvostruko prečišćavanje osnovnog koncentrata bakra uz prethodno kondicioniranje u prisustvu desorbenata i modifikatora: aktivnog uglja, fero-sulfata, cink sulfata i natrijum tiosulfata
- aktiviranje i selektivno flotiranje minerala cinka.



Sl. 4 – Flotiranje minerala olova i bakra u otvorenom ciklusu.



Sl. 5 – Flotiranje minerala olova i bakra u zatvorenom ciklusu sa četiri uzorka.

Šeme tehnološkog procesa direktnog selektivnog flotiranja galenita i halkopirita, u laboratorijskim uslovima, date su na sl. 4 za otvoreni, a na sl. 5 za zatvoreni ciklus. Ostvareni tehnološki rezultati ovim postupcima prikazani su u tablicama 4 i 5. Isto tako, data je i ukupna potrošnja flotacijskih reagenasa.

#### Potrošnja flotacijskih reagenasa:

— negašeni kreč, CaO	1500 g/t
— natrijum cijanid, NaCN	100 g/t
— cink sulfat, ZnSO <sub>4</sub>	1000 g/t
— natrijum tiosulfat, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1000 g/t
— ferosulfat, FeSO <sub>4</sub>	1500 g/t
— aktivni ugaj	200 g/t
— etil ksantat	100 g/t
— borovo ulje	60 g/t

**Rezultati flotiranja minerala olova i bakra u otvorenom ciklusu**

Tablica 4

Proizvod	T (%)	Sadržaj metala (%)			Raspodela (%)		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Ruda	100,00	1,87	1,31	0,48	100,00	100,00	100,00
Osnovni konc. Pb	5,58	32,61	1,64	0,79	96,94	6,98	6,40
Konc. Pb—I preč.	3,03	58,40	1,08	0,79	94,32	2,50	2,21
Konc. Pb—II preč.	2,33	70,20	0,50	0,63	87,29	0,89	0,31
Međuproizvod Pb—1	2,55	1,93	2,30	0,79	2,62	4,48	4,19
Međuproizvod Pb—2	0,70	18,92	3,03	1,31	7,03	1,61	1,90
Otok Pb	94,42	0,05	1,29	0,46	3,06	93,02	93,60
Osnovni konc. Cu	6,85	0,58	1,80	5,48	2,13	9,42	78,10
Konc. Cu—I preč.	2,54	0,87	2,01	14,02	1,17	3,89	74,08
Konc. Cu—II preč.	0,74	0,87	2,11	31,00	0,34	1,18	47,42
Međuproizvod Cu 1	4,31	0,42	1,68	0,45	0,96	5,53	4,02
Međuproizvod Cu 2	1,80	0,87	1,97	7,11	0,83	2,71	26,66
Otok Cu	87,57	0,02	1,25	0,07	0,93	83,60	15,50

**Rezultati flotiranja minerala olova i bakra u zatvorenom ciklusu**

Tablica 5

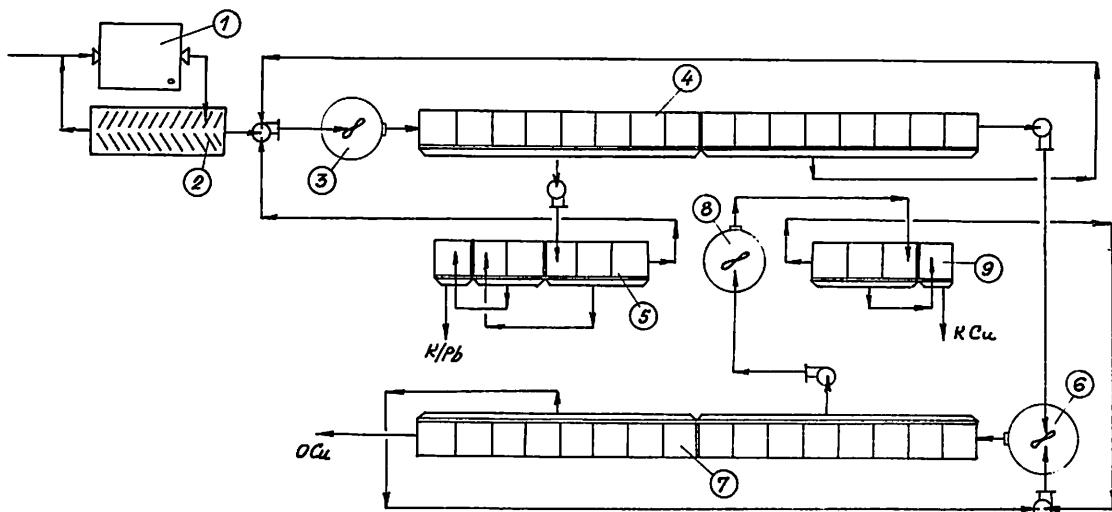
Proizvod	T %	Sadržaj metala (%)			Raspodela (%)		
		Pb	Zn	Cu	Pb	Zn	Cu
Ruda	100,00	1,48	1,20	0,54	100,00	100,00	100,00
Osnovni konc. Pb	2,36	60,60	1,47	1,21	96,27	2,88	5,30
Otok osn. flot. Pb	97,64	0,06	1,20	0,52	3,73	97,12	94,70
Kontr. konc. Pb	0,88	3,13	1,35	2,04	1,85	0,98	3,32
Koncentrat Pb	2,20	64,88	1,23	1,19	95,91	2,25	4,81
Međuproizvod Pb	0,33	1,58	2,36	0,78	0,36	0,63	0,49
Otok Pb	96,59	0,03	1,19	0,51	1,88	96,24	90,38
Osnov. konc. Cu	5,15	0,29	1,47	4,36	1,01	6,18	72,43
Otok osn. konc. Cu	91,61	0,01	1,18	0,11	0,87	90,06	17,95
Kont. konc. Cu	1,51	0,28	1,40	0,82	0,28	1,74	2,26
Koncentrat Cu	3,09	0,32	1,68	12,17	4,34	69,74	16,32
Međuproizvod Cu	2,06	0,25	1,07	0,70	0,33	1,84	2,69
Otok Cu	89,93	0,01	1,18	0,10	0,59	88,22	16,69
Ruda	100,00	1,39	1,22	0,77	100,00	100,00	100,00
Osnov. konc. Pb	3,22	40,46	1,64	1,84	94,64	4,34	7,74
Otok Pb	96,78	0,08	1,20	0,73	5,36	95,66	92,26
Osnovni konc. Cu	4,13	1,23	2,17	14,03	3,68	7,34	75,36
Međuproizvod Cu	1,19	0,42	1,29	0,86	0,37	1,25	1,32
Koncentrat Cu	2,94	1,56	2,53	19,36	3,31	6,09	74,04
Otok Cu	92,65	0,03	1,16	0,14	1,68	88,32	16,19

**Zaključak**

Laboratorijska ispitivanja vršena su u cilju dobijanja selektivnih koncentrata galenita i halkopirita iz kompleksne Pb-Zn-Cu rude rudnika Rudnik. Istraživanja su vođena u dva pravca: izdvajanje selektivnih koncentrata razdvajanjem kolektivnog Pb-Cu koncentrata i izdvajanje selek-

tivnih koncentrata metodom direktnog selektivnog flotiranja.

Ostvareni rezultati ukazuju da se selektivni koncentrati galenita i halkopirita mogu dobiti razdvajanjem kolektivnog Pb-Cu koncentrata bichromatnom i sulfatnom metodom, pri čemu prednost ima sulfatna metoda, s obzirom na manju



**LEGENDA:**

- |   |   |
|---|---|
| 1 mlin sa kuglama, veličine DxL = 3,2 x 3,1 m           | 6 kondicioner, $\phi$ 3,0 m   |
| 2 dvospiralni klasifikator, $\phi$ 1,5 x 8,4 m          | 7 flot.mašine za flotiranje CuFeS <sub>2</sub> , Denver SUBA—Nº 24  |
| 3 kondicioner, $\phi$ 3,15 m                            | 8 kondicioner, $\phi$ 2,0 m   |
| 4 flot.mašine za flotiranje PbS, Denver SUB—A—Nº 21     | 9 flot.mašine za prečišćavanje CuFeS <sub>2</sub> Denver SUBA Nº 24 |
| 5 flot.mašine, za prečišćavanje PbS, Denver SUB—A—Nº 24 |   |

Sl. 6 – Tehnološka šema selektivnog flotiranja galenita i halkopirita.

toksičnost primjenjenih flotacijskih reagenasa i nešto bolje tehnološke rezultate.

Metodom direktnog selektivnog flotiranja iz rude dobijeni su visokokvalitetni koncentrati galenita i halkopirita, uz visoka iskoršćenja korisnih metala. Ostvareno je uspešno selektivno deprimiranje i aktiviranje prisutnih minerala, kombinacijom više modifikatora i desorbenata.

Upoređenjem dobijenih rezultata iz svih obrađenih metoda, najbolje tehnološke efekte daje metoda direktnog selektivnog flotiranja. Ona ima i druge prednosti: jednostavnost vođenja i kontrole tehnološkog procesa, mogućnost brze primene u postojećem flotacijskom postrojenju uz minimalne adaptacije.

Na dobre rezultate, ostvarene ovom metodom, uticale su i sledeće karakteristike rudne supstance: bakar je u rudi zastupljen isključivo halkopiritom,

nema prisustva oksidnih minerala, cink je zastupljen dosta neflotabilnim marmatitom, pri postojećoj finoći mlevenja korisni minerali su gotovo u potpunosti oslobođeni, sulfidi gvožđa zastupljeni su pirhotinom.

Na osnovu ostvarenih rezultata predložena je šema tehnološkog procesa (sl. 6), kojom će se u industrijskim uslovima proizvoditi selektivni koncentrati galenita i halkopirita.

U našoj zemlji postoji više rudnih ležišta kompleksnih Pb-Zn-Cu ruda, sličnih karakteristika u kojima se bakar valorizuje isključivo kroz kolektivne koncentrate. Ovim ispitivanjima učinjen je prvi pokušaj izdvajanja bakra u selektivni koncentrat, čime se omogućava potpunija valorizacija korisnih minerala. Stečena iskustva koristiće se u razrešavanju ove problematike i na drugim pogonima.

## SUMMARY

### Separation of Selective Copper and Lead Mineral Concentrates for the Complex Pb-Zn-Cu Ore from Mine Rudnik

Tests were made in two directions: separation of selective concentrates by separation of the collective Pb–Cu concentrate and separation of selective concentrates by the method of direct selective flotation.

Biochromate and sulphate methods yielded good colectice concentrate separation rates, while advantage is given to the sulphate method.

The method of direct selective flotation of the ore yielded high grade selective concentrates of galenite and chalcopyrite, and a flow-sheet is proposed, which will distinguish this method in the existing flotation concentration plant of Mine Rudnik.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Trennung von Selektivkonzentraten von Blei– und Kupfermineralen aus dem komplexen Pb–Zn–Cu–Erz der Grube Rudnik

Es wurden Untersuchungen in zwei Richtungen durchgeführt: Aussortierung von Selektivkonzentraten durch Trennung vom selektiven Pb–Cu–Konzentrat und Trennung von Selektivkonzentraten mit der Methode direkter Selektivflotation.

Durch Biochromat–und Sulfatmethode wurde eine gute Trennungs–wirkung von Kollektivkonzentraten erzielt, der Vorrang wurde der Sulfatmethode gegeben.

Durch Methode der direkten selektiven Flotierung wurden aus dem Erz hochwertige Selektivkonzentrate von Bleiglanz und Kupferkies erhalten, danach wurde ein Stammbaum des technologischen Prozesses gegeben mit welchem diese Methode in der bestehenden Anlage zur Flotationskonzentration der Grube Rudnik durchgeführt wurde.

## РЕЗЮМЕ

### Выделение селективных концентратов минерала свинца и меди из комплексной Pb-Zn-Cu руды рудника РУДНИК

Испытания проводились в двух направлениях: выделение селективных концентратов разделяние коллективного Pb–Cu концентрата и выделение селективных концентратов способом прямого селективного флотирования.

Бихроматным и сульфатным методом был достигнут хороший эффект выделения коллективного концентрата, а преимущество было выдано сульфатному методу.

Методом прямой селективной флотации из руды были получены высококачественные селективные концентраты галенита и халькопирита, из-за чего предложена схема технологического процесса, при помощи которой данный метод можно будет принять на существующей установке для флотационной концентрации рудника Рудник.

## Literatura

1. Mišić, K., Gmajlević, Ž., 1972: Flotiranje minerala bakra iz siromašnih polimetaličnih ruda u flotaciji rudnika Rudnik. — Rudarski glasnik 3/72, Beograd.
2. Mišić, K., 1984: Razdvajanje kolektivnog Pb–Cu koncentrata iz rude rudnika Rudnik sulfatnom metodom. — Rudarski glasnik 1/84, Beograd.
3. Egorkin, Ju. I. 1982: Metody razdelenija svincogo–mednyh koncentratov, primenjaemye v SSSR i ih osobennosti. Bljester' naučno–tehničeskogo soveta po obogaščeniju rud cvetnyh metalov.
4. Konnev, A. S., Egorkin, Ju. I.: Razrabotka i vnedrenie metodov razdelenija svincogo–mednyh koncentratov. — Trudy naučno–tehničeskoj sesii, Metallurgizdat.

Autor: dipl.inž. Kosta Mišić, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. M. Jošić, Beograd

Članak primljen 15.5.1984, prihvatan 23.5.1984.

# Ventilacija i tehnička zaštita

UDK 628.511/.512  
Istraživački rad

## AEROZAGAĐENJE PROUZROKOVANO SAGOREVANJEM UGLJA NA ODLAGALIŠTU JALOVINE IZ TEHNOLOŠKOG PROCESA MOKRE SEPARACIJE UGLJA

(sa 5 slika)

Dipl.inž. Dušanka Stojšavljević

Osnovne materije koje zagađuju spoljnu atmosferu, a koje nastaju sagorevanjem uglja sadržanog u jalovini, su čađ, ugljenmonoksid i sumporodioksid. Stepen zagađenosti vazduha zavisi od sadržaja uglja u jalovini, intenziteta sagorevanja i meteoroloških parametara.

Odlagalište jalovine, u čijoj okolini je vršeno utvrđivanje zagađenosti atmosfere, locirano je u Vreocima, u središtu rudarsko-energetsko-industrijskog bazena Kolubara sa većim brojem poznatih izvora štetnih materija koje zagađuju vazduh.

### Merjenje imisije

Utvrđivanje i praćenje koncentracije štetnih materija u vazduhu okoline obuhvata određivanje srednjodnevne i kratkotrajne koncentracije materija predviđenih u „Zakonu o zaštiti od zagađivanja vazduha“ („Službeni glasnik SRS“, br. 8/73 i 31/77 god.), kao i materija koje obuhvata „Pravilnik o maksimalno dozvoljenim koncentracijama štetnih materija u vazduhu“ („Službeni glasnik SRS“ br. 31/78), u zavisnosti od tehnološkog procesa, odnosno štetnih materija koje se emituju u atmosferu.

### Izbor mernih mesta i metodologija merenja

Merna mesta, na kojima su merenja izvršena, odabrana su primenom metode reprezentante za

vazdušni bazen – naseljena zona u okolini depozitije jalovine, s tim što su umesto jednog reprezentativnog uzeta četiri merna mesta. Položaj mernih mesta označen je na slici 5 oznakama MM-1 do MM-4.

Određivanje koncentracije sedimentnih materija i čađi vršeno je primenom standardnih britanskih propisa BS 1747 Part I 1969. god. i B. 1747 Part II 1969. godine.

Merjenje koncentracije sumporodioksid-a izvršeno je korišćenjem analizatora za SO<sub>2</sub> firme „Cassella“ – London. Metoda bazira na promeni provodljivosti elektrolita kroz koji se provodi ispitivanii vazduh koji sadrži SO<sub>2</sub>. Oksidacija SO<sub>2</sub> do sulfatnog jona prouzrokuje promenu provodljivosti elektrolita, koja je direktno proporcionalna sadržaju sumporodioksid-a u provedenoj zapremini vazduha. Opisana metoda se može primeniti kod određivanja kratkotrajnih i srednjodnevnih koncentracija sumporodioksid-a. Određivanje koncentracije ugljenmonoksida izvršeno je infracrvenim analizatorom za gasove „MIRAN“ 1-A, firme Wilks, Norwalk, SAD, specijalno baždarenog za određivanje imisionih koncentracija.

### Kriterijumi za ocenu stepena zagađenosti vazduha

Prema navedenim zakonskim propisima maksimalno dopuštene koncentracije za određivanje polutante: SO<sub>2</sub>, CO, čađ i sedimentnu prašinu date su u tablici 1.

Tablica 1

Materija	Maksimalno dozvoljena koncentracija mg/m <sup>3</sup>	
	srednjodnevna	kratkotrajna
sumpordioksid	0,15	0,5
ugljenmonoksid	1	3
čad	0,05	0,15
sedimentne materije	do 300 mg/m <sup>3</sup> /dan	

#### Rezultati merenja

Kontrola nivoa zagađenosti vazduha naselja u okolini deponije jalovine izvršena je u toku letnjeg perioda od tri meseca 1982. g. Merene su dvadeset-četvoročasovne koncentracije sumpordioksida i čadi, kratkotrajne koncentracije ugljenmonoksida i sumpordiokksida i sedimentne materije (pepeo i inertna prašina) tri puta kontinualno po trideset dana.

#### Srednjodnevne koncentracije

Izmerene vrednosti srednjodnevnih koncentracija sumpordiokksida i čadi za ispitivani period prikazane su u tablici 2.

Tablica 2

Srednjodnevne koncentracije SO <sub>2</sub> i čadi, mg/m <sup>3</sup>							
MM – 1		MM – 2		MM – 3		MM – 4	
SO <sub>2</sub>	čad	SO <sub>2</sub>	čad	SO <sub>2</sub>	čad	SO <sub>2</sub>	čad
0,036	0,035	0,004	0,017	0,035	0,020	0,050	0,045
0,028	0,030	0,003	0,023	0,032	0,029	0,040	0,048
0,040	0,020	0,060	0,010	0,070	0,021	0,060	0,042
0,054	0,020	0,082	0,015	0,060	0,023	0,030	0,023
0,038	0,010	0,036	0,018	0,042	0,028	0,040	0,028
0,042	0,014	0,030	0,018	0,039	0,019	0,050	0,027
0,035	0,024	0,033	0,024	0,044	0,033	0,030	0,025
0,030	0,025	0,036	0,020	0,040	0,020	0,025	0,027
0,022	0,030	0,020	—	0,026	0,032	0,040	0,032
0,050	0,040	0,046	—	0,026	0,052	0,060	0,029
0,048	0,025	0,049	0,026	0,058	0,033	0,080	0,039
0,058	0,035	0,055	0,022	0,068	0,025	0,065	0,031

#### Kratkotrajne koncentracije

U tablici 3 prikazane su vrednosti izmerenih kratkotrajnih koncentracija za ugljenmonoksid i sumpor dioksid.

Tablica 3

Kratkotrajne koncentracije CO i SO <sub>2</sub> , mg/m <sup>3</sup>							
CO	SO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>
1,64	0,016	2,73	0,011	1,60	0,013	3,03	0,030
1,20	0,050	1,34	0,024	1,10	0,026	0,94	0,030
2,10	0,024	2,16	0,058	2,58	0,077	2,66	0,150
1,44	0,021	2,11	0,030	2,72	0,031	2,53	0,030
2,90	0,030	2,80	0,024	2,99	0,022	2,70	0,025
2,50	0,040	2,56	0,047	2,40	0,040	2,25	0,035
0,53	0,010	—	0,018	0,41	0,000	0,76	0,050
2,46	0,060	1,44	0,028	1,01	0,099	0,98	0,060
1,80	0,010	1,49	0,019	1,69	0,015	0,25	0,030
2,46	0,020	0,93	0,170	1,38	0,110	1,80	0,150
1,80	0,060	2,19	0,065	2,83	0,070	2,60	0,050
2,90	0,060	3,01	0,055	2,36	0,050	3,03	0,110
3,08	0,130	—	0,120	2,46	0,220	0,62	0,044
2,13	0,100	—	0,060	1,52	0,360	2,31	0,034
1,72	0,070	—	0,060	2,21	0,080	0,57	0,046
2,28	0,130	2,05	0,010	2,73	0,025	2,30	0,022
2,78	0,012	2,18	—	1,50	0,040	1,23	0,052
2,95	0,014	2,86	0,036	2,12	0,090	3,09	0,094

#### Srednje mesečne koncentracije srednjodnevnih merenja

Prikaz srednjih mesečnih koncentracija po mernim mestima za SO<sub>2</sub> i čad srednjodnevnih merenja dat je u tablici 4.

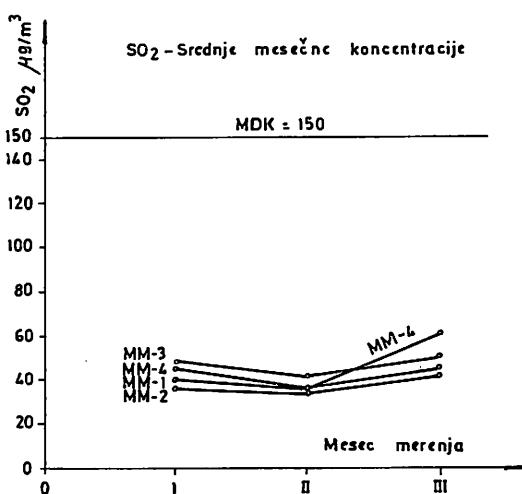
Tablica 4

Srednje mesečne koncentracije SO <sub>2</sub> i čadi µg/m <sup>3</sup>							
— srednjodnevna merenja —							
Mesec	MM – 1	MM – 2	MM – 3	MM – 4	Mesec	MM – 1	MM – 2
mere- nja	SO <sub>2</sub>	čad	SO <sub>2</sub>	čad	SO <sub>2</sub>	čad	SO <sub>2</sub>
I	40	26	37	16	49	23	45
II	36	18	34	20	41	25	36
III	45	33	43	24	51	29	61

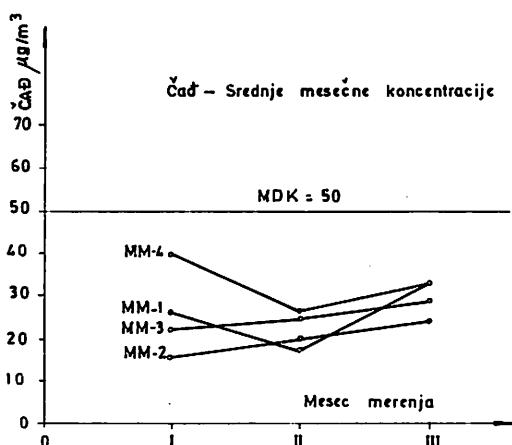
Srednje mesečne koncentracije srednjodnevnih merenja niže su od maksimalno propisane, koja za sumpordioksid iznosi 150 µg/m<sup>3</sup>, a za čad 50 µg/m<sup>3</sup>.

Grafički prikaz kretanja srednjih mesečnih koncentracija srednjodnevnih merenja dat je na dijagramu sl. 1.

Srednje mesečne koncentracije srednjodnevnih merenja čadi prikazane su na dijagramu sl. 2.



Slika 1



Slika 2

*Srednje mesečne koncentracije kratkotrajnih merenja*

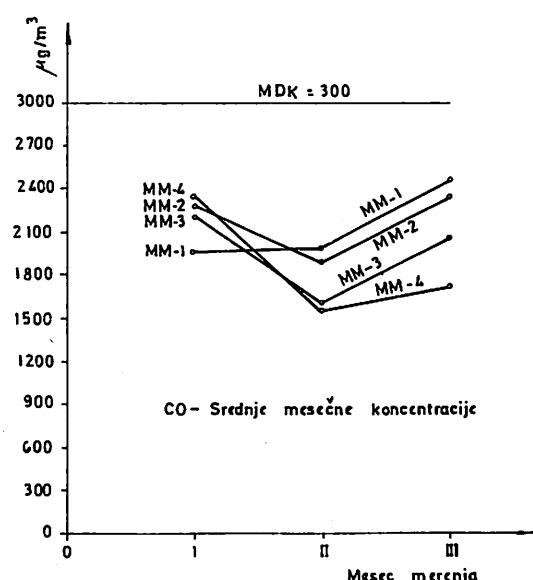
*Srednje mesečne koncentracije kratkotrajnih merenja SO<sub>2</sub> i CO prikazane su u tablici 5.*

Tablica 5

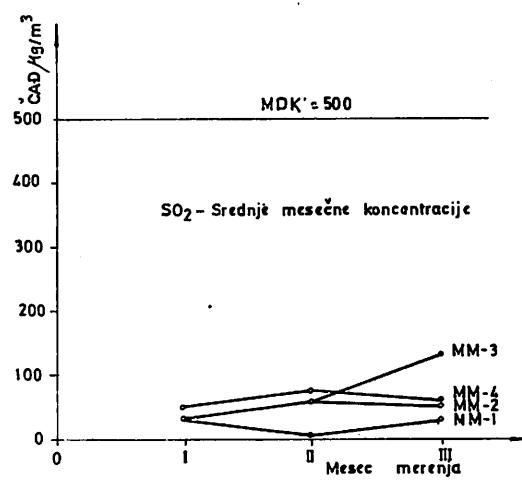
Mesec merenja	Srednje mesečne koncentracije CO i SO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup> — kratkotrajna merenja —							
	CO MM - 1	SO <sub>2</sub> MM - 1	CO MM - 2	SO <sub>2</sub> MM - 2	CO MM - 3	SO <sub>2</sub> MM - 3	CO MM - 4	SO <sub>2</sub> MM - 4
I	1963	30	2283	32	2232	35	2352	50
II	1992	4	1872	59	1613	57	1570	75
III	2490	31	2363	48	2090	136	1687	49

Srednje mesečne koncentracije kratkotrajnih merenja niže su od maksimalno dozvoljene, koja za ugljenmonoksid iznosi 3000 µg/m<sup>3</sup> a za sumporodioksid 500 µg/m<sup>3</sup>

Nivo srednjih mesečnih koncentracija kratkotrajnih merenja ugljenmonoksida u toku ispitivanog tromesečnog perioda po mernim mestima, prikazan je na dijagramu sl. 3.



Slika 3



Slika 4

Na slici 4 dat je grafički prikaz nivoa srednjih mesečnih koncentracija kratkotrajnih merenja SO<sub>2</sub> po mernim mestima u toku tromesečnog perioda merenja.

Srednje mesečne koncentracije i ugljen-monoksida i sumpordioksida, kratkotrajno merene vidno su ispod maksimalno dozvoljenih.

#### *Sedimentne materije*

Sadržaj sedimentnih materija — pepeo i inertna prašina, meren u kontinualnim mesečnim intervalima, a izražen u mg/m<sup>2</sup>/dan, dat je u tablici 6.

Tablica 6

Redni broj	Merno mesto Oznaka	Sedimentne materije, mg/m <sup>2</sup> /dan		
		Mesec I	merenja II	III
1	MM — 1	314	204	245
2	MM — 2	—	205	220
3	MM — 3	312	292	230
4	MM — 4	298	206	227

Sedimentne materije nalaze se u granicama dozvoljenih kriterijuma u drugom i trećem mesecu merenja, dok su u prvom na mernim mestima MM—1 i MM—3 minimalno iznad.

Srednja vrednost tromesečnih merenja, pojedinačno za svako merno mesto, iznosi:

MM — 1	254 mg/m <sup>2</sup> /dan
MM — 2	213 mg/m <sup>2</sup> /dan
MM — 3	278 mg/m <sup>2</sup> /dan
MM — 4	244 mg/m <sup>2</sup> /dan

Dobijene vrednosti se nalaze ispod maksimalno dozvoljene koncentracije koja iznosi 300 mg/m<sup>2</sup>/dan.

#### **Stepen zagađenosti vazduha okoline deponije šljake u odnosu na meteorološke uslove**

Stepen zagađenosti vazduha u prizemnom sloju pri nepromjenjenom stanju emisija, u velikoj meri zavisi od meteoroloških uslova koje karakterisu klimatološki parametri. Od svih klimatoloških parametara najveći značaj imaju podaci o vetrui vertikalnoj temperaturnoj stratifikaciji od koje

zavise turbulentne karakteristike prizemnog sloja vazduha u kome se vrši mešanje i razblaživanje polutanata atmosfere.

Brzina i pravac vetra određuju gde će se polutanti atmosfere verovatno transportovati i njihovu promenu sa vremenom, kao i učestalost pojavljivanja uslova nepovoljnih za disperziju. Uslovi nepovoljni za disperziju su mala brzina vetra i vrlo stabilni atmosferski uslovi. Stabilnost atmosfere zavisi od vertikalnog temperaturnog gradijenta, i utoliko je veća ukoliko temperatura više raste sa visinom. Pri nestabilnom stanju atmosfere, polutant emitovan u blizini zemlje, brzo se rastura u horizontalnom i vertikalnom pravcu. Prizemna inverzija prigušuje i vertikalnu i horizontalnu turbulentnost, pa time povoljno utiče na povećanje zagađenosti atmosfere.

#### **Pravac i brzina vetra i uticaj na stepen zagađenosti**

Da bi se sagledao uticaj brzine i pravca vetra sa deponije na zagađenost vazduha u okolnom naselju, daje se ko primer prikaz na situacionoj karti (sl. 5). Prikazano stanje se odnosi na dan merenja 1.10.1982. god. koje je karakteristično po izrazitoj vetrovitosti i sa intervalom tišine od 0 h..

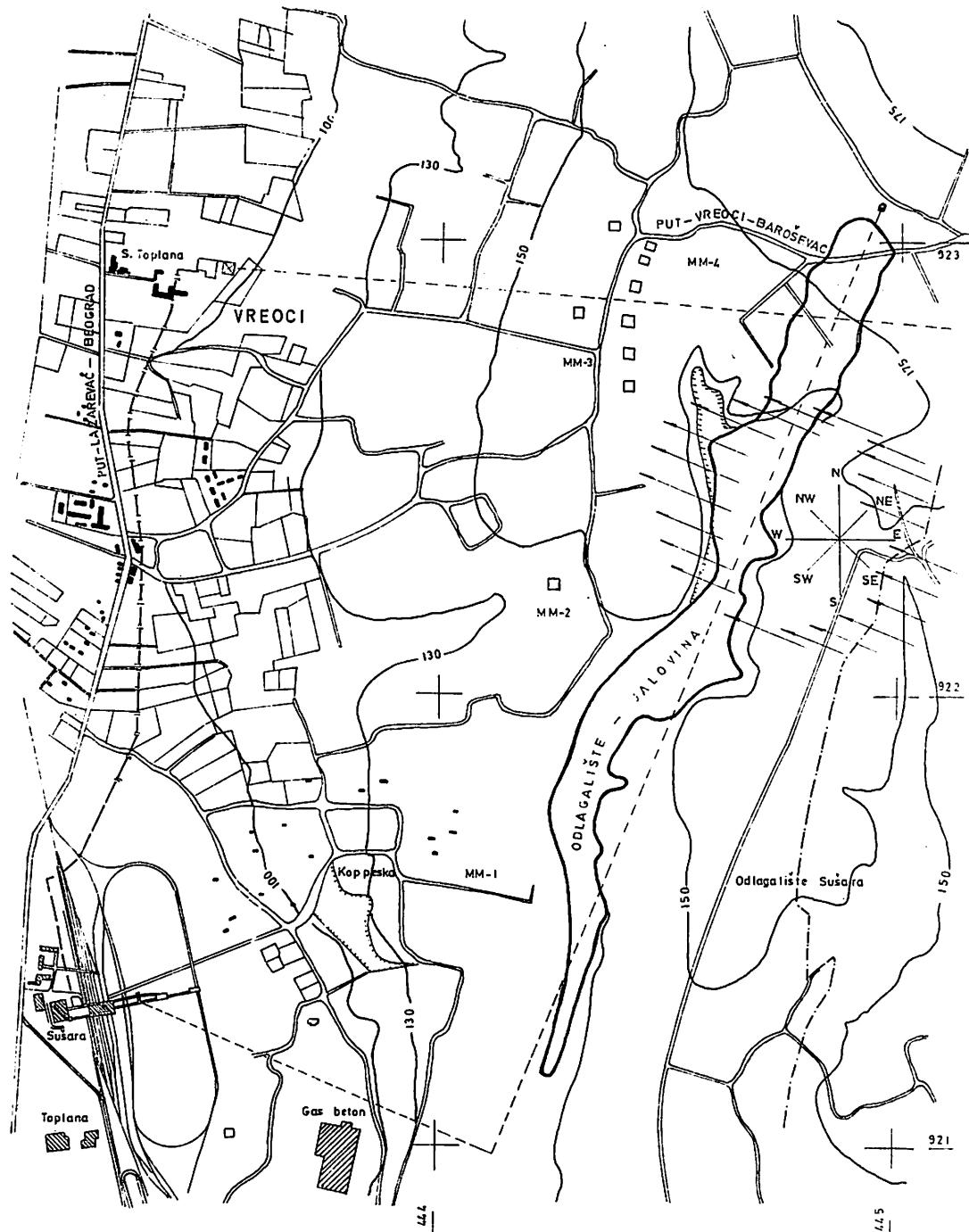
Pravac vetra sa intervalom brzine od 4,1 do 10 m/s usmeren je direktno na naseljenu okolinu deponije.

#### **Trajanje inverzije i stabilnost atmosfere**

Stabilnost atmosfere u dane merenja pokrivena je pretežno Tarner-Paskvilovim klasama 1 do 4, što predstavlja ekstremno nestabilnu do neutralnu stabilnost atmosfere. Klase 5 do 7 koje se odnose na stabilnu atmosferu, zastupljene su većim brojem čestina u noćnim satima nego u dnevним.

Ovakvo stanje je pogodovalo višem stepenu zagađenosti vazduha. Pojava prizemne inverzije sa ukupnim vremenskim trajanjem u toku dana od 8 do 24 časa, odnosno sa relativnom čestinom trajanja od 33% do 100% takođe doprinosi povećanju stepena zagađenosti vazduha.

Pojava prizemne inverzije pri nestabilnoj atmosferi u dane merenja, prigušujući turbulentna vazdušna kretanja, pogodovala je povećanju stepena zagađenosti vazduha.



Slika 5

## Diskusija rezultata

### Srednjodnevna merenja

Nivo opšteg kretanja zagađenosti sumpordioksidom i čadu na osnovu pojedinačnih srednjodnevnih merenja u letnjem periodu, tablica 2, nalazi se ispod maksimalno dozvoljene koncentracije na svim mernim mestima, koja za  $\text{SO}_2$  iznosi  $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a za čad  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Oblast kretanja koncentracija polutanata, uzimajući u obzir sva merna mesta, iznosi od  $4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  do  $82 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za  $\text{SO}_2$  i od  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  do  $65 \mu\text{g}/\text{m}^3$  za čad.

Srednje mesečne koncentracije  $\text{SO}_2$  i čadi, date u tablici 4, i grafički prikazane na dijagramima sl. 1 i sl. 2 su, takođe, s obzirom na nivo nalaza pojedinačnih merenja, ispod maksimalno dozvoljene vrednosti.

### Kratkotrajna merenja

Nivo opšteg kretanja zagađenosti sumpordioksidom i ugljenmonoksidom na osnovu pojedinačnih kratkotrajnih merenja u letnjem periodu, tablica 3, nalazi se ispod MDK, koja za  $\text{SO}_2$  iznosi  $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a za  $\text{CO}$   $3000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Oblast kretanja koncentracija  $\text{SO}_2$ , uzimajući u obzir sva merna mesta, ide od min  $0,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$  do max  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a  $\text{CO}$  od  $410 \mu\text{g}/\text{m}^3$  do  $3090 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Srednje mesečne koncentracije sumpordioksidom i ugljenmonoksida, date u tablici 5 i grafički prikazane na dijogramima sl. 3 i sl. 4, su daleko ispod MDK.

### Sedimentne materije

Sadržaj sedimentnih materija — pepeo i inertna prašina, tablica 6, kreće se od  $204 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{dan}$  na mernom mestu MM-1 do  $314 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{dan}$  takođe na mernom mestu MM-1.

Prosečne vrednosti za tromesečno merenje, koje se nalaze u oblasti koncentracija od  $213$  do  $278 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{dan}$ , niže su od maksimalno dozvoljene koncentracije koja iznosi  $300 \text{ mg}/\text{m}^2/\text{dan}$ .

### Zaključak

Zagađenost vazduha šire okoline deponije jalonevine iz tehnološkog procesa mokre separacije uglja nalazi se u oblasti dozvoljenih koncentracija prema „Zakonu o zaštiti vazduha od zagađivanja“, („Službeni glasnik“ SRS br. 8/73) i „Zakonu o izmenama i dopunama zakona o zaštiti od zagađivanja vazduha“ („Službeni glasnik“ SRS 31/77).

## SUMMARY

### Air Pollution Caused by Coal Combustion on Dumps Housing Waste from Wet Coal Separation

Air pollution of broader surroundings of wet coal separation waste dumps is in the range of permitted concentrations by the Law on protection of air pollution (Official Gazette SRS No 8/73) and Law on amendment of the Law on protection of air pollution (Official Gazette SRS No 31/77).

## ZUSAMMENFASSUNG

### Durch Kohlenverbrennung auf der Bergehalde verursachte Luftverschmutzung aus dem technologischen Prozess der Kohlennassaufbereitung

Die Luftverschmutzung der breiteren Umgebung der Bergehalde im technologischen Prozess der Nassaufbereitung der Kohle befinden sich im Bereich von zulässigen Konzentrationen nach dem Gesetz gegen Luftverschmutzung „Amtsblatt SRS“ Nr. 8/73 und nach dem Gesetz über Änderungen und Ergänzungen zum Luftverschmutzungsschutz „Amtsblatt SRS“ 31/77.

РЕЗЮМЕ

**Аэрозагрязнение по причине сгорания угля на отвале пустой породы из технологического процесса сепарации угля**

Загрязненность воздуха окрестности отвала пустой породы из технологического процесса мокрой сепарации угля находится в области разрешаемых концентраций в соответствии с Законом о охране воздуха от загрязнения „Служебный гласник СРС“ № 8/73 и Законом об изменениях и дополнениях закона об защите от загрязнения воздуха, „Служебный гласник“ СРС № 31/77.

L iteratura

1. Rukovodstvo po kontrolju zagrazenija atmosfery, Gidrometeoizdat, 1979, Lenjingrad
2. British Standards 1747, Part 1, 1969.
3. British Standards 1747, Part 2, 1969.
4. Elaborat o utvrđivanju stanja zagađenja vazduha na široj okolini deponije jalovine iz mokre separacije uglja, Rudarski institut, Beograd.

## MOGUĆNOST BEZBEDNOG USKLADIŠTAVANJA UGLJEVA SKLONIH SAMOPALJENJU

(sa 3 slike)

Dipl.inž. Natalija Pavlović

### Uvod

Samopaljenje, spontano gorenje, nastaje kada se temperatura uglja, bez ikakvog dovođenja topote već samo procesima oksidacije, toliko poveća da izazove paljenje uglja.

Oksidacija uglja konstantna je pojava i ne može se izbeći, a vreme za koje dolazi do samopaljenja uglja je neodređeno i funkcija je veoma velikog broja parametara. U najvažnije spadaju: karakteristike uglja koji se uskladištava, a naročito vlaga, isparljive materije, piritni sumpor, strukturne osobine, kao i veličina zrna, vreme uskladištanja, oblik i visina skladišta, odnos šupljina i specifičnih površina, tehnologija uskladištenja i korišćenja. Skup svih navedenih uzroka, kao i njihov međusobni odnos, određuje sklonost uglja ka samopaljenju.

### Sklonost uglja ka samopaljenju

Veoma je teško utvrditi koji od navedenih parametara u datom momentu ima presudni uticaj na samopaljenje uglja na skladištu. To pitanje se rešavalo po mnogim teorijama, ali bez potpunog uspeha. Tako se u početku izuzetan značaj pridavao piritnoj teoriji. Kasnije se došlo do saznanja da se pale i ugljevi koji nemaju ili imaju veoma malo piritnog sumpora, što je znatno umanjilo značaj piritne teorije.

Postojanje većeg broja teorija o samozapaljivosti uglja na skladištu, kao i činjenica da ni jedna nije uspela da ovu pojavu objasni u potpunosti, dokaz je da za samopaljenje uglja na skladištu postoji veliki broj uzroka, te je bezbedno uskladištanje veoma odgovoran i težak posao.

Sklonost uglja ka samozagrevanju i samopaljenju je različita. Naročito veliku sklonost ka samopaljenju pokazuju ugljevi sa malim stepenom metamorfizma, odnosno visokim sadržajem lako isparljivih materija.

### Vлага, isparljive materije i kiseonik u uglju

Presudan značaj za pojavu samopaljenja uglja na skladištu ima vlaga i to kako vlaga u uglju, tako i vlaga u vazduhu.

Vлага, i to gruba, izaziva na površini skladišta raspadanje uglja, dok u dubljim slojevima potpomaže zagrevanje i stvaranje žarišta.

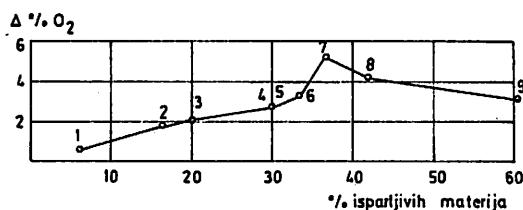
Stvaranje žarišta u skladištu uslovjava velika količina toplove – 540 kcal/kg – koju vodena para, izdvojena iz površinskih slojeva skladišta, pri kondenzovanju oslobođa u dubljim hladnjim slojevima skladišta. Kondenzovanjem vodene pare dolazi do stvaranja vakuma koji povlači nove količine vodene pare i pojačava cirkulaciju vazduha. Tako se ovim procesom objašnjava pojava požara u dubljim slojevima skladišta.

Gruba vлага utiče i na oksidaciju pirita, pri čijoj oksidaciji nastaju sulfat i sumporna kiselina. Reakcija je egzotermna te, ako je pirit prisutan u dovoljnoj količini, povećava sklonost uglja ka samopaljenju.

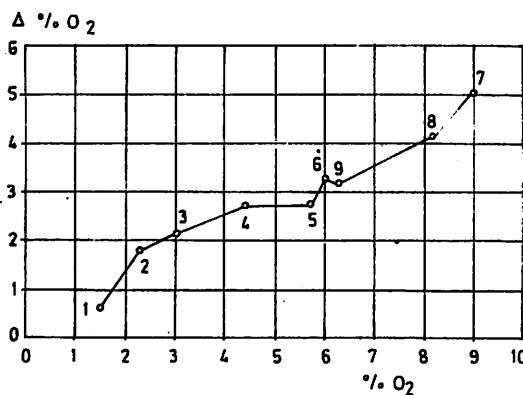
I vлага vazduha izaziva raspadanje uglja na površini skladišta, budući da ugljevi pri suvom i topлом vremenu gube znatan deo grube vlage, dok pri hladnom i vlažnom upijaju vlagu iz vazduha. Stalno upijanje i otpuštanje vodene pare produbljuje raspadanje, a s tim i procese oksidacije.

Pojave su utoliko jače izražene, ukoliko je veći sadržaj grube vlage, što je slučaj kod slabo metamorfisanih ugljeva.

Na slikama 1 i 2 prikazuje se zavisnost oksidacije uglja od sadržaja isparljivih materija i kiseonika za devet ugljeva različitog stepena metamorfizma. Ispitivanja su vršena u laboratorijskim uslovima i to u sušnici sa vazduhom na temperaturi od  $105^{\circ}\text{C}$  u trajanju od pet dana. Podaci se odnose na ugalj suv i bez pepela (čistu ugljenu supstancu).



Sli. 1. — Upijanje kiseonika u zavisnosti od sadržaja isparljivih materija.



Sli. 2. — Upijanje kiseonika u zavisnosti od sadržaja kiseonika.

Na sli. 1 se vidi da upijanje kiseonika uglavnom raste sa rastućim sadržajem isparljivih materija, a na sli. 2 da ugljevi primaju utoliko više kiseonika ukoliko je prvočini sadržaj kiseonika u uglju veći.

#### Zavisnost samopaljenja od odnosa šupljina i specifičnih površina — provetrvanje

Od veličine zrna zavisi količina vazduha koja prodire u skladište i odnosi toplotu nastalu oksidacionim procesima ugljene materije. Tako kod skladišta:

- komadnog uglja, zbog velikih šupljina, količina vazduha je dovoljna da odvede celokupnu količinu toplote proizvedene oksidacionim procesima;
- sitnog uglja, zbog malih šupljina, količina vazduha nije dovoljna da odvede celokupnu količinu toplote, već se ona nagomilava, te kroz izvesno vreme može doći i do samopaljenja uglja.

Zavisnost topline, nastale oksidacionim procesima u skladištu lignita, od količine vazduha koja ulazi u skladište pri promeni pritiska sa 5% prikazuje se u tablici 1.

Tablica 1 ukazuje da količina proizvedene topline opada sa opadanjem količine vazduha koja ulazi u skladište, odnosno sa porastom zbijenosti.

#### Oblik skladišta

Za suočenje kontaktnih površina usklađenog uglja sa atmosferilijama na minimum potrebno je da skladišta imaju što manje ivica, pošto ivice predstavljaju najosetljivije tačke. Stoga su najpogodnija skladišta u obliku zarubljene kupe sa kvadratnom ili pravougaonom osnovom, a kod pravougaonih skladišta odnos dužine i širine ne treba da pređe 2. Preporučljivo je da se duža strana osnove orijentise duž preovlađujućeg pravca veta.

Iz istih razloga, skladišta ne smeju imati žlebove, useke i uske kanale, a padine skladišta moraju biti ravne i uglačane, kao i gornja površina skladišta.

Padine skladišta mogu da se kreću kod:

- slabo zapaljivih ugljeva od 30 do  $45^{\circ}$
- srednje zapaljivih ugljeva od  $14\text{--}30^{\circ}$
- jako zapaljivih ugljeva do  $140^{\circ}$

Tablica 1

Zbijena nasipna težina uglja	Zapremina			Zapremina vazduha koja ulazi u skla- dište	Proizvedena toplota
	skladišta (ugalj i vazduh)	uglja	vazduha		
t/m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		KJ/kg
0,640	141.500	70.750	70.750	3.537	13.184.233
0,720	125.800	70.750	55.050	2.752	10.199.044
0,800	113.200	70.750	42.450	2.125	8.088.898
0,880	102.900	70.750	32.150	1.607	5.869.894
0,960	94.330	70.750	23.580	1.179	4.391.953
1,040	87.100	70.750	16.350	818	3.048.409
1,120	80.940	70.750	10.190	509	1.898.714
1,200	75.450	70.750	4.700	235	873.366
1,280	70.750	70.750	0	0	000 000

Ugao od 14° omogućava nesmetano kretanje oruđa pri sabijanju uglja na padinama skladišta i pored toga što znatno umanjuje količinu vazduha koja prodire u skladište.

Uglačane površine svode cirkulaciju vazduha na minimum, kao i prodiranje vode u skladište.

#### Visina skladišta

Velika visina skladišta pogoduje razvoju oksidacionih procesa budući da pri razlici temperature skladišta i spoljnog vazduha nastaju razlike u pritiscima i dolazi do pojačanog prodora vazduha u uskladišteni ugalj. U zimskom periodu ova razlika je najveća, pa je i pojava samozagrevanja uglja veoma česta.

Visoka skladišta imaju veću mogućnost razmenе toplote, pa se i stoga brže zagrevaju. Zato visine skladišta moraju biti manje kod ugljeva sa jačom izraženom sklonosću ka samopaljenju nego kod ugljeva kod kojih je ova sklonost slabije izražena, što naročito važi za dugotrajna uskladištavanja. Ipak, visine od 2—3 m daju bolji odnos zapremina prema površini.

#### Vreme uskladištavanja

Oksidacioni procesi se dešavaju uvek kada postoji kontakt ugljene materije i kiseonika iz vazduha. Prema tome, dešavaju se od momenta stavljanja uglja na skladište i traju sve do momenta trošenja uglja.

Toplota, nastala početnim oksidacionim procesima ugljene materije, intenzivira kasnije oksidacione procese, usled čega količina nagrađene topline raste i kroz izvesno vreme može doći do samopaljenja uskladištenog uglja.

Da bi se detaljnije objasnilo nastajanje samopaljenja navode se procesi kroz koje samopaljenje nastaje:

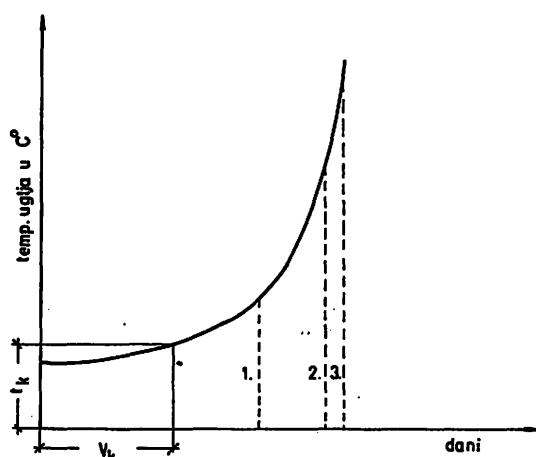
- kontakt kiseonika sa ugljem
- sorpcija kiseonika od strane uglja
- oksidacija uglja
- stvaranje produkata oksidacije
- desorpcija produkata oksidacije
- termičko razlaganje uglja i stvaranje lako isparljivih materija
- prenošenje topline u uskladištenom uglju
- razmena topline sa sredinom
- makroskopsko kretanje gasova koje određuje razvoj oksidacionih procesa.

Razvoj oksidacionih procesa prikazan je na slici 3.

Faza niskotemperaturne oksidacije deli se na:

- fazu inkubacije koja se kreće do 60°C i
- fazu brže oksidacije koja se kreće do 100°C.

Faza niskotemperaturne oksidacije razvija se veoma lagano naročito u prvom delu. Brzina kojom se proces oksidacije razvija u ovoj fazi zavisi od prirode uglja, specifične topline, zbijene nasipne težine, topline oksidacije, brzine filtracije vazduha kroz ugalj, gubitaka topline, sadržaja gasova itd. i traje od nekoliko dana do više godina.



Sl. 3 – Razvoj oksidacionih procesa kod uglja na skladištu  
Legenda: 1 – niskotemperaturna oksidacija; 2 – srednjotemperaturna oksidacija; 3 – proces paljenja i gorenja.

Smatra se da je temperatura od  $60^{\circ}\text{C}$  još bezbedna, da ona govori o procesu samozagrevanja, a ne i samopaljenja i da je do ove temperature situacija na skladištu normalna. Ova temperatura označava se sa  $t_k$  – kritična temperatura.

U fazi srednje temperature oksidacije u intervalu od:

- $100\text{--}150^{\circ}\text{C}$  dolazi do stvaranja rezerve kiseonika u odlagalištu, koja nije utrošena na oksidacione procese, već se nalazi u gasnoj fazi zajedno sa lako isparljivim materijama
- $150\text{--}200^{\circ}\text{C}$  (za lignite) razvijaju se hemijski procesi kao rezultat oksidacije uglja.

U fazi paljenja i gorenja dolazi do naglog temperaturnog skoka. Ova faza može se razviti sa i bez plamena. Ukoliko se javlja neizotermno polje iznad temperature paljenja sa lokalnim temperaturama koje su iznad temperature plamena na ovim mestima pojavljuje se plamen. Tada se faza jasno manifestuje kao požar na skladištu.

Faza gorenja vezana je za održavanje temperature, što omogućuje prenos topline i kontinuitet reakcije. Ova faza u velikoj meri zavisi od kretanja gasne sredine, tj. snabdevanja kiseonikom i odvođenja ugljen-dioksida.

Dijagram oksidacionih procesa sa slike 3 ukazuje da faza niskotemperaturne oksidacije – faza 1 – traje najduže, dok su ostale faze znatno kraće.

Tako je faza 3, proces paljenja i gorenja, veoma kratka.

Brzina oksidacionih procesa različita je za različite ugljeve pri identičnim uslovima usklađivanja. Kako brzina oksidacije reguliše kritično vreme ležanja uglja na skladištu, proizilazi da je i ovo vreme različito za različite ugljeve. Tako kritično odnosno dozvoljeno vreme ležanja uglja na skladištu  $V_k$  iznosi za:

— kamene ugljeve	do 12 meseci
— mrke ugljeve	6 do 10 meseci
— lignite	do 4 meseca

Kritično vreme ležanja uglja na skladištu može se znatno produžiti smanjenjem količine kiseonika koji dolazi u kontakt sa ugljenom materijom sabijanjem ili kojim drugim postupkom.

Vreme ležanja uglja na skladištu ne smě biti veće od kritičnog vremena ležanja uglja na skladištu za primjenjenu tehnologiju usklađivanja.

Izložene faze procesa samopaljenja pokazuju da se preventivne mere moraju sprovesti do temperature od  $60^{\circ}\text{C}$ , pošto posle ove vrednosti proces može lako da pređe u otvorenu vatru.

Prva grupa preventivnih mera, koja obezbeđuje da temperatura ne pređe  $60^{\circ}\text{C}$ , ima projektantski karakter i trajno dejstvo.

Druga grupa preventivnih mera primenjuje se u fazi kretanja temperature od  $60\text{--}100^{\circ}\text{C}$  i naziv se likvidacija samozagrevanja. Ova mera sprovodi se po potrebi.

U fazi srednje temperaturne oksidacije pritok kiseonika nije više opredeljujući momenat za razvoj oksidacionih procesa. Osnovna karakteristika ove faze su hemijski procesi koji se razvijaju bez obzira na kretanje gasne faze, s tim da se ovaj proces hemijske reakcije može da odvija u ograničenom obimu.

Usporavanje razvoja ove faze je veoma otežano, pošto se hermetizacijom ništa ne postiže i ona kratko traje. Stoga preventivne mere moraju da spreče pojavu ove faze oksidacionih procesa.

U fazi paljenja i gorenja akcije predstavljaju gašenje požara što se najlakše postiže otkopavanjem i odstranjivanjem vatre.

### Tehnologija uskladištavanja i korišćenja

Dejstvo vazdušnog kiseonika na uskladišteni ugalj može se regulisati odgovarajućom tehnologijom uskladištavanja i trošenja.

Uuskadištavanje većih količina uglja najekonomičnije se vrši na otvorenom prostoru. Kako je tada ugljena materija izložena dejstvu vazdušnog kiseonika, tehnologija stavljanja uglja na skladište za ugljeve sklone samopaljenju zavisi od dužine ležanja uglja na skladištu. U slučaju kada će ugalj ležati na skladištu manje od dozvoljenog (kritičnog) vremena, ugalj se može stavljati na skladište slobodnim nasipanjem, s tim da nasipanje treba vršiti sa što manje visine, da bi se segregacija krupnijih komada svela na minimum. U protivnom, moraju se primeniti tehničke mere od kojih je najvažnije slojevito stavljanje uglja na skladište i sabijanje.

Uuskadištavanje sa slojevitim nanošenjem uglja i sabijanjem pogodno je za sitne klase i nesepari-sane ugljeve. Pri sabijanju ovih ugljeva zrno manje zrnovitosti popunjava međuprostore, čime se postiže odgovarajuća kompaktnost odlagališta. Slojevitim sabijanjem uglja pri uuskadištavanju smanjuje se količina vazduha zaostalog u odlagalištu i svodi na minimum cirkulacija vazduha kroz odlagalište. Po isteku izvesnog vremena ugalj se okruži inertnom atmosferom, koja se sastoji od azota iz vazduha i ugljen-dioksida nastalog reagovanjem uglja sa kiseonikom okolnog vazduha. Kako je dotok svežeg vazduha praktično onemogućen, azot i ugljen-dioksid štite ugalj od dalje oksidacije i svih promena, koje povlače procesi oksidacije — raspadanje, opadanje kalorične moći, promena količina isparljivih materija, promena elementarnog sastava i drugo.

Sabijanje skladišta sprečava i kvašenje uuskadištenog uglja atmosferskim talozima, što ima veliki značaj za intenzitet oksidacionih procesa.

Veličina sabijanja zavisi od zahteva koji se postavljaju skladištu. Ukoliko ugalj treba duže da leži na skladištu, mora se izvršiti jače sabijanje odnosno sabijanjem se mora uspostaviti ravnoteža između proizvedene topote i količine vazduha potrebne za njeno odvođenje.

Nepovoljna strana zbijanja odlagališta je drobljenje uglja, što dovodi do smanjenja topotne moći uglja i teškoća u tehnologiji spaljivanja.

Usitnjavanje uglja, čak i pri sabijanju krupnijih klasa, kod dobro programirane veličine sabijanja, može biti manje nego usitnjavanje usled raspada-nja, koje se neminovno dešava kod slabometamorfisanih ugljeva pri dužem ležanju na skladištu.

Za sprečavanje oksidacionih procesa, pogoto-vovo kod krupnijih sortimana, može se primeniti mehanička zaštita ili zasipanje padina i gornje površine zemljom, pepelom, sitnim ugljem, prekrivanje asfaltom, bitumenom i drugo.

Kao najefikasnije pokazalo se zasipanje sitnim ugljem, što je u krajnjoj liniji jednak raspadanju uglja na stranama odlagališta.

Zasipanje strana ostalim materijalima prila ugalj. Asfalt i bitumen pucaju pri sleganju odlagališta te nastaju dimnjaci koji mogu vrlo brzo dovesti do požara.

Mehaničke prekrivke u obliku fólija od odgovarajuće plastične mase sve više se koriste pošto:

- sortiman ostaje nepromenjen
- mogu se koristiti za sve sortimane
- ne prlja uuskadišteni ugalj
- mogu se lako nanositi
- ugalj se može slobodno stavljati na skladište.

Veoma je važno da prekrivke budu hermetički izvedene, da bi se sprečio prodor vazduha na pojedinim mestima, da ne bi došlo do stvaranja puteva za prolaz vazduha, koji bi mogli da deluju kao dimnjaci i koji bi vrlo brzo doveli do samopaljenja uuskadištenog uglja.

U sklopu tehnologije uuskadištavanja neophodno se moraju predvideti mere kontrole radi blago-vremenog otkrivanja eventualnog zagrevanja i preduzimanja potrebnih mera.

Pri odnošenju uglja sa odlagališta treba voditi računa o brzini trošenja odlagališta radi sprečavanja samozapaljivanja.

### Zaključak

Za bezbedno uuskadištavanje ugljeva neophodno je poznavanje sklonosti ka samopaljenju na skladištu, odnosno poznavanje tk — kritičnog vremena ležanja uglja na skladištu. Na osnovu ovih podataka određuje se način uuskadištavanja.

Preporučuje se za skladištenje sitnijih klasa slojevito stavljanje uglja na skladište i sabijanje, a za krupnije klase mehaničke prekrivke koje moraju u potpunosti da spreče prodor vazduha u skladište, što je neophodno za ugljeve sklone samopaljenju na skladištu.

Troškovi konzerviranja skladišta su minimalni, u odnosu na gubitak ugljene materije i utrošak rada i sredstava pri saniranju požara, te se konzerviranje mora primeniti uvek kada ugalj treba da leži na skladištu duže od tk.

#### SUMMARY

#### Possibility of Safe Storage of Self Inflammability Prone Coals

Parameters which affect coal self inflammability proneness on storages are outlined, as well as the stages through which the coal passes while laying on the storage,  $tk$  and  $V_k$  — critical temperature and critical time of laying in the storage — and methods of safe storage. It is suggested for finer classes, as well as for coarser ones when coal assortment need not be fully preserved as follows: deposition of coal on the storage in layers with compaction, and for coarser classes a mechanical cover.

In both cases the volume of air penetrating into the storage is reduced, extending thus the critical time of coal laying on the storage.

#### ZUSAMMENFASSUNG

#### Möglichkeit sicherer Lagerung von zur Selbstentzündung neigenden Kohlen

Es wurden Parameter, die die Neigung der zur Selbstentzündung neigenden Kohlen auf dem Lagerplatz beeinflussen gegeben, die Phasen also die die Kohle während der Lagerungszeit durchmachen muss,  $tk$  und  $V_k$  — kritische Temperatur und kritische Lagerzeit auf dem Lagerplatz — sowie die Verfahren zur sicheren Lagerung. Es wird für feinere sowie für gröbere Klassen wenn das Kohlensortiment nicht ganz erhalten bleiben muss, indem die Kohle auf dem Lagerplatz schichtweise gestampft wird und für die gröberen Sorten mechanische Bedeckung, empfohlen.

In beiden Fällen wird die eindringende Luftmenge, die in den Lagerplatz eindringt vermindert und die kritische Kohlenlagerungszeit auf dem Lagerplatz verlängert.

#### РЕЗЮМЕ

#### Возможность безопасного складирования углей склонных к самовоспламенению

Приводятся параметры влияющие на склонность к самовоспламенению на складе, фазы через которые угли проходят во время хранения на складе,  $tk$  и  $V_k$  — критическая температура и критическое время отстоя на складе — а также и способы безопасного складирования. Рекомендуется для мелких классах, но и для более крупных, когда сортамент угля не должен быть полностью сохранен, послойное отложение угля на складе с набивной, а для крупных сортаментов механическая покрывающая.

В обоих случаях уменьшается количество воздуха проникаемое в склад и удлиняется критичное время хранения угля на складе.

L iteratura

1. Vukанović, B., Pavlović, N. 1984: Studija o samozapaljivosti i uslovima lagerovanja sušenog uglja Kolubara. Rudarski institut, Beograd.
2. Pavlović, N., 1979: Tehnički uslovi za uskladištanje uglja u cilju zaštite od intenzivnih oksidacionih procesa na skladištu Volnarskog kombinata „Todor Umpovski – Merdžan”, Teteks, Tetovo. — Rudarski institut, Beograd.
3. Pavlović, N., 1979: Uputstvo o postupku saniranja žarišta i zagrejanih delova odlagališta uglja na skladištu Volnarskog kombinata „Todor Umpovski – Merdžan”, Teteks, Tetovo. — Rudarski institut, Beograd.
4. Pavlović, N., 1962: Studija o uskladištanju ugljeva, Rudarski institut, Beograd.
5. Allen, Parry : Storage of Low – Ransk Coals. — US Bureau of Mines, Report of Investigations 5034.
6. Long-term storage of lignite at Garrison Dam, Riverdale, N. Dak. U.S., Bureau of Mines, Report of Investigations 7037.

Autor: dipl.inž. Natalija Pavlović, Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: dr inž. A. Ćurčić, Rudarski institut, Beograd i  
Članak primljen 21.5.1984, prihvatan 23.5.1984.

UDK 662.6:628.512

Primenjeni rad

## KOTLARNICE U SVETLU ODLUKE GRADA BEOGRADA O MERAMA ZA ZAŠTITU VAZDUHA OD ZAGAĐIVANJA

(sa 1 slikom)

Dipl.inž. Mihajlo Škundrić – dipl.inž. Đorđe Čobanović –  
– dipl.inž. Milan Popović

### Uvod

Beograd, kao i svi drugi veliki gradovi, prolazi kroz slične faze razvoja. Veliku koncentraciju stanovništva na relativno malom prostoru prati intenzivna stambena izgradnja, sve razvijeniji saobraćaj i sve jača industrija. Potrošnja energije raste sa porastom stanovništva, a sve viši standard oву potrošnju još više ubrzava. Kao posledica javlja se sve zagađenija životna sredina.

Posle donošenja Zakona o zaštiti od zagađivanja vazduha i Odluke o merama za zaštitu vazduha od zagađivanja grada Beograda, ovlašćene institucije, među kojima i Rudarski institut, OOVR Zavod za termotehniku, vrše svake godine kontrolu kvaliteta sagorevanja u kotlarnicama grada Beograda u vezi sa zagađivanjem životne sredine.

### Potrošnja energije u Beogradu

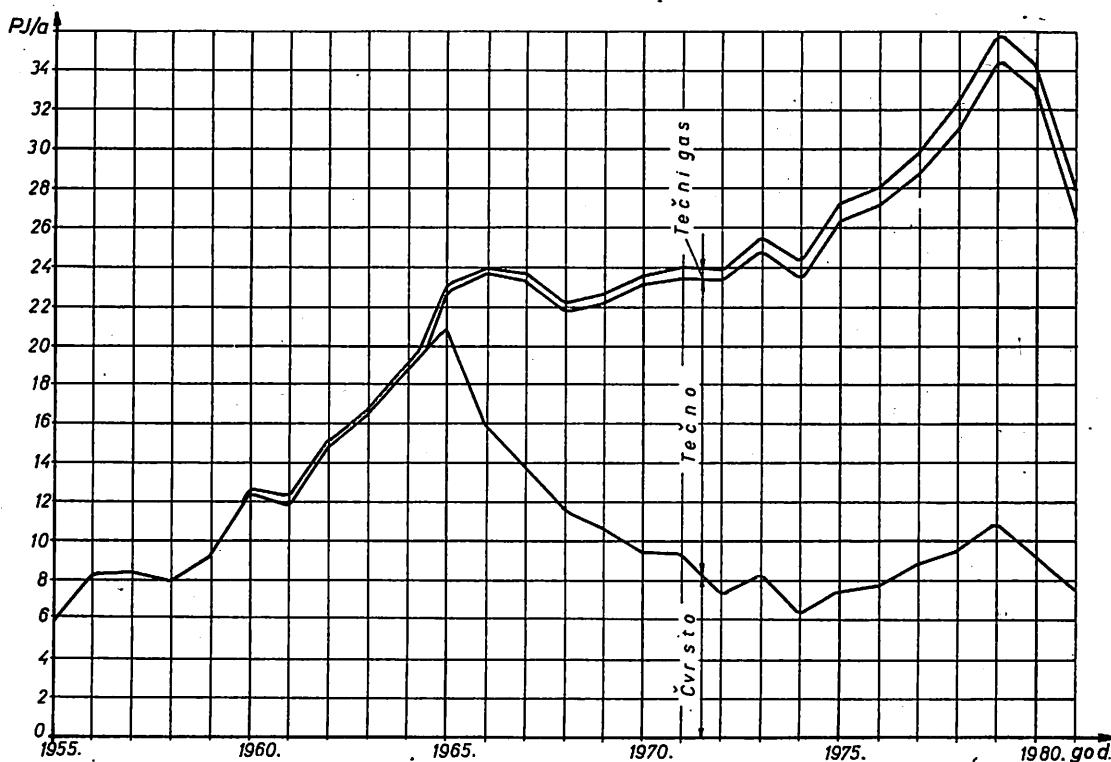
Ima osnove da se veruje da je potrošnja energije u Beogradu neopravdano visoka:

– za razliku od većine evropskih gradova, sve do pre izvesnog vremena u nas nije bila regulisana propisima toplotna izolacija građevinskih objekata, te je veliki broj objekata izgrađen sa nedovoljnom toplotnom izolacijom

– ugljevi koje koristi Beograd, sa visokim sadržajem lako topljivog pepela i volatila, sagorevaju sa niskim stepenom iskorišćenja uz visoku emisiju štetnih materija, posebno u malim jedinicama i pri sagorevanju u sloju  
– čak i kod kotlova na tečno gorivo, zbog nekvalitetnog održavanja, postižu se rezultati ispod tehničkih mogućnosti  
– ložaci su nedovoljno obučeni i nekvalifikovani  
– nedostatak osnovnih instrumenata, čak i za veće jedinice, onemogućuje kvalitetno vođenje procesa sagorevanja, itd.

S obzirom da ni do danas ne postoji Katastar emisije grada Beograda, izuzev neke minimalne evidencije o kotlarnicama, teško je išta reći o porastu emisije tokom poslednjih decenija. Može se samo globalno oceniti da je emisija pratila potrošnju energije iz fosilnih goriva. Do 1965. godine emisija je bila vezana za čvrsta goriva, uglavnom kvalitetnije lignite i mrki ugalj Banovići, a u manjoj meri ugljeve Srednjobosanskih rudnika, a posle 1965. godine došlo je do drastičnog pada potrošnje čvrstih goriva i naglog uspona potrošnje tečnih goriva, koja je rasla sve do 1980. godine. Posle 1980. godine potrošnja tečnog goriva opada, kao što opada i ukupna potrošnja energije, što je znak krize, a ne racionalnijeg korišćenja energije.

1981. godine počinje povećana potrošnja gasovitog goriva priključenjem prvih kotlova Beogradskih elektrana na gasovod.



Sl. 1 — Utrošak energije sadržane u čvrstim, tečnim i gasovitim gorivima za potrebe industrije, lične i opšte potrošnje grada Beograda.

Potrošnja energije, koja potiče od spaljivanja čvrstih, tečnih i gasovitih goriva (tečni gas), za potrebe industrije, opšte i lične potrošnje u Beogradu, daje se na sl. 1 (1).

#### Emitovane štetne materije

Emisija pojedinih štetnih materija iz ložišta kotlarnica zavisi od sadržaja štetnih materija u gorivu, potrošnje, vrste goriva, konstrukcije ložišta, kao i od kvaliteta sagorevanja.

Emisija sumpornih oksida, koji spadaju među najštetnije polutante, zavisi uglavnom od sadržaja sumpora u gorivu i od stepena vezivanja sumpora za čvrste proekte sagorevanja. Dok se kod tečnih i gasovitih goriva uglavnom sva količina sumpora emituje u vidu sumpornih oksida u atmosferu, kod čvrstih goriva jedan deo sumpora vezuje se za čvrste proekte sagorevanja. Emisija sumpornih oksida, uglavnom u vidu  $\text{SO}_2$ , a u manjoj meri u vidu  $\text{SO}_3$ , malo zavisi od kvaliteta sagorevanja i može se proceniti na osnovu analize goriva i stepena veziva-

nja sumpora. S obzirom da se prečišćavanje gasovitih produkata sagorevanja od sumpornih oksida još ne vrši u nas, mada postoje pokušaji da se krene u tom pravcu, jedini način za sniženje emisije sumpornih oksida je primena goriva sa niskim sadržajem sumpora.

Emisija ugljenmonoksida, ugljovodonika i čadi vezana je za kvalitet sagorevanja. Ugalj sa visokim sadržajem volatila sklon je emitovanju ovih polutanata, naročito pri sagorevanju na rešetki kod manjih jedinica. Sniženje emisije ovih polutanata može se postići korišćenjem čvrstih goriva sa niskim sadržajem volatila, specijalnim konstrukcijama ložišta sa sekundarnim vazduhom, kao i kvalitetnijem vođenjem procesa sagorevanja. Zbog teškoća koje se javljaju pri sagorevanju uglja sa visokim sadržajem volatila, naročito u pogledu zagađivanja životne sredine, neki evropski gradovi zabranjuju korišćenje ovakvih ugljeva. Emisija ovih štetnih materija predstavlja i topotni gubitak, što uslovjava niži stepen iskorišćenja, odnosno povećanu potrošnju goriva, a time i povećanu emisiju štetnih materija.

Pored navedenih polutanata, leteći pepeo je značajni zagađivač okoline, posebno kod kotlova koji sagorevaju sprašeni ugalj, gde je neophodno prečišćavanje dimnih gasova (cikloni prečistači, elektrofiltrti i dr.). Emisija letećeg pepela zavisi od sadržaja pepela u uglju, stepena vezivanja pepela, kao i stepena otprašivanja, ukoliko postoji prečistač dimnih gasova.

Iako azotni oksidi spadaju među tri osnovna polutanta, ne pridaje im se odgovarajuća pažnja. Formiranje azotnih oksida vezano je uglavnom za uslove u ložištu (temperatura ložišta, višak vazduha), te se emisija može sniziti odgovarajućom konstrukcijom ložišta i pravilnim vođenjem procesa sagorevanja. Prečišćavanje gasova od azotnih oksida predstavlja vrlo skup proces i za sada se vrlo malo koristi i u razvijenim zemljama.

Od preostalih polutanata (broj polutanata koji podležu kontroli raste) treba pomenuti i derivate ulja prisutne u dimnim gasovima, koji se javljaju zbog nepotpunog sagorevanja tečnih goriva.

#### Zakoni i odluke

Donošenjem Zakona o zaštiti od zagađivanja vazduha, kao i pratećih pravilnika, počinje u SR Srbiji organizovana aktivnost za čistu životnu sredinu. Iste godine kada je izšao Zakon (1973.) Pravilnikom je utvrđeno da svi objekti koji troše više od 1 t čvrstog ili 0,5 t tečnog goriva u toku 24 časa moraju biti prijavljeni i stavljeni pod kontrolu. Propisuju se maksimalno dopuštene koncentracije u vazduhu, dok se emisija štetnih materija posredno ograničava. Naime, „Industrijski i drugi objekti ne smiju ispušтati u vazduh štetne materije u količinama koje koncentraciju ovih materija mogu dovesti iznad maksimalno dopuštenih granica u vazduhu“. S obzirom na teškoće da se ustanovi odnos između emisionih i imisionih vrednosti, posebno kada postoji više emisionih izvora, kao i radi lakše kontrole emisije, neophodno bi bilo ustanoviti i emisione norme, koje bi bile na nivou sadašnjeg stanja tehnike.

Zakon predviđa u čl. 15 mogućnost zabrane upotrebe određene vrste goriva, pa i zabrane ugalja, u izuzetnim slučajevima kada je vazduh zagađen iznad maksimalno dozvoljene koncentracije. Takve zabrane postoje i u drugim evropskim gradovima (Pariz npr.), ali je tamo predviđena i druga vrsta goriva, pogodna u smislu zaštite životne sredine, koja se koristi samo u izuzetnim slučajevima.

Teškoće nastaju kada treba obezbediti prostor za dve vrste goriva i, što je slučaj u nas, kada treba obezbediti gorivo koje je pogodno u smislu zaštite životne sredine. Od tečnih goriva takvo gorivo bi bilo ono sa vrlo niskim sadržajem sumpora, a od čvrstih goriva, goriva sa niskim sadržajem sumpora, volatila, pepela, u zavisnosti o kakvom postrojenju se radi. Iako je izbor pogodnih goriva vrlo mali, za izuzetne slučajeve i za najugroženije zone moglo bi se odabrati gorivo koje je nešto povoljnije od ostalih.

Neposredno po donošenju Zakona doneta je i Odluka o mernama za zaštitu vazduha od zagađivanja, koja je važila za deo grada Beograda koji obuhvata 9 opština. Dana 20.12.1982. godine doneta je nova Odluka koja važi za celu teritoriju grada Beograda.

Obe odluke donete su na brzinu, bez uvažavanja primedbi, te su se provukle izvesne nepreciznosti.

U pogledu čvrstih goriva propisana je granulacija na stovarištima sa maksimalno dozvoljenim količinama manjeg zrna, što je vrlo značajno za kvalitetno sagorevanje uglja na rešetki.

Emisija sumpornih oksida ograničena je preko sadržaja sagorljivog sumpora u gorivu, što znači da se samo određena goriva mogu spaljivati u Beogradu. Ova ograničenja glase:

Gorivo	Nova Odluka	Stara Odluka
Koks	do 1% S <sub>sag</sub>	do 1% S <sub>sag</sub>
Ugalj	do 1% S <sub>sag</sub>	do 1% S <sub>sag</sub>
Ulje za loženje za domaćinstvo	do 1% S <sub>sag</sub>	do 1% S <sub>sag</sub>
Ulje za loženje lako	do 2% S <sub>sag</sub>	do 2% S <sub>sag</sub>
Ulje za loženje srednje	do 2,5% S <sub>sag</sub>	
Ulje za loženje teško	do 3% S <sub>sag</sub>	

Nažalost, ovaj član Odluke se svake godine suspenduje zbog nestašice čak i nepovoljnih goriva. Ipak, ovdje treba napomenuti da je ograničenje, posebno za ugalj, neprecizno, jer se može desiti da nepovoljno gorivo prema ovom kriterijumu emituje manje količine sumpornih oksida pri sagorevanju u jednom postrojenju zbog svoje visoke topotne moći, nego neko povoljno gorivo pri sagorevanju u istom postrojenju sa niskom topotnom moći. Na primer, kameni ugalj sa sadržajem sagorljivog sumpora od 1,3% i donjom topotnom moći od 26 MJ/kg povoljniji je od lignita sa sadržajem sagorljivog sumpora od 0,5% i donjom topotnom

moći od 7 MJ/kg. Iz tog razloga preporučuje se da kriterijum ne bude sadržaj sagorivog sumpora u gorivu, već odnos mase sumpora (ukupnog) i donje toplotne moći, izražen u g/MJ, korigovan u vezi sa stepenom vezivanja sumpora. Time se ujedno pravi razlika između sagorljivog sumpora (laboratorijski uslovi) i emitovanog sumpora (uslovi u ložištu).

U staroj Odluci sadržaj ugljenmonoksida u dinnim gasovima ne sme preći 0,1% bez obzira koliki je sadržaj ugljendioksida. Ovo je bila još jedna nepreciznost, pošto se mora sadržaj ugljenmonoksida svesti na normalan višak vazduha. Inače bi svaki kotao, koji je nezaptiven, i pored

visoke emisije ugljenmonoksida mogao zadovoljiti ovaj kriterijum ukoliko u njega prodire velika količina vazduha i razblažuje gas. Ova nepreciznost je ispravljena u novoj Odluci za tečna goriva, ali je ostala neispravljena za čvrsta goriva.

U staroj Odluci, u članu 14, propisuje se efikasnost uređaja za prečišćavanje dimnih gasova: „Organizacije udruženog rada i druge organizacije čiji objekti zagađuju vazduh iznad dopuštenog nivoa dužne su, nakon preduzimanja mera propisanih Zakonom i ovom Odlokom, da ugrade odgovarajuće uređaje za prečišćavanje dimnih gasova sa efikasnošću najmanje 90–95%, u rokovima odre-

#### Rezultati ispitivanja kotlova na tečno gorivo u grejnoj sezonи 1983/84.

Tablica 1

Kontrolisane veličine	Oznaka	Metoda (instrument)	Broj kontrolisanih kotlova	Broj kotlova koji ispunjavaju uslove
Dimni broj	Ba	Bacharach—skala	105	78 (74,3%)
Prisustvo derivata ulja u dimnom gasu	—	Piridin test	105	103 (98,1%)
Sadržaj ugljen-monoksida u dimnom gasu sveden na suv gas i 12% CO <sub>2</sub>	CO	Indikatorske cevčice	105	76 (72,4%)
Kotlovi izgrađeni do 1974. godine	Sadržaj ugljendioksida u dimnom gasu	CO <sub>2</sub>	Firit	61
	Temperatura gase	t <sub>g</sub>	Termoelement	61
	Gubitak energije u gasovima	u	—	61
Kotlovi izgrađeni posle 1974. godine	Sadržaj ugljendioksida u dimnom gasu	CO <sub>2</sub>	Firit	44
	Temperatura gase	t <sub>g</sub>	Termoelement	44
	Gubitak energije u dimnim gasovima	—	—	44

đenim Zakonom o zaštiti od zagađivanja vazduha". U ovom članu nije jasno na koje se polutante ograničenje odnosi. Ukoliko se odnosi i na čvrste čestice vrednost je vrlo niska za elektrofiltrarska postrojenja, a visoka za ciklonske prečisteče. Takođe je nejasno zašto se daju ograničenja za efikasnost prečistača, a ne za emisiju, kako je to uobičajeno i jedino ispravno. Posebno je nejasna granična vrednost za minimalnu efikasnost, koja je data u intervalu. S obzirom na brojne primedbe ovo ograničenje nije ušlo u novu Odluku.

#### Rezultati ispitivanja kotlarnica u grejnoj sezoni 1983/84.

U toku grejne sezone 1983/84. Rudarski institut, OOURE Zavod za termotehniku, ispitao je 105 kotlova na tečno gorivo i 10 kotlova na čvrsto gorivo. Ispitivanja su izvršena u skladu sa Odlukom o mera za zaštitu vazduha od zagađivanja, Službeni list grada Beograda br. 28 od 20.12.1982. godine. S obzirom na mali broj ispitanih kotlova na čvrsto gorivo, koji nisu reprezentativni, rezultati ispitivanja se daju samo za kotlove na tečna goriva.

#### Zaključak

U okviru grejne sezone 1983/84. ukupno je ispitano 105 kotlova na tečno gorivo i 10 kotlova na čvrsto gorivo. Kotlovi su različitih kapaciteta, godina gradnje, različitih konstrukcija, koriste različite vrste goriva, a poslužuju ih ložači od nekvalifikovanih do vrlo kvalifikovanih. Ograničenja iz Odluke su različita za kotlove koji su izgrađeni pre 1974. godine od onih, koji su

izgrađeni posle 1974. godine. Razlike postoje i u pogledu kapaciteta za kotlove veće od 120 kW i manje o toga. Svi ispitani kotlovi bili su veći od 120 kW.

Rezultati ispitivanja u celini nisu zadovoljavajući i teško je oceniti koliko je to rezultat lošeg rada, a koliko oštih ograničenja koja su sa novom Odlukom stupila na snagu sredinom grejne sezone 1982/83.

Kvalitet sagorevanja, koji se može oceniti na osnovu broja kotlova koji ne prelaze dozvoljene granice u pogledu dimnog broja, piridin testa i ugljenmonoksida, nije toliko loš kao što su loši ostali podaci vezani za sadržaj CO<sub>2</sub> i tg. Ipak, s obzirom da se radi o parametrima koji direktno ukazuju na zagađivanje okoline rezultati moraju da zabrinjavaju.

Prekoračenja u pogledu sadržaja CO<sub>2</sub> govore o velikom broju kotlova koji rade sa preteranim viškom vazduha, što direktno utiče na obarjanje stepena iskorišćenja.

Prekoračenja u pogledu temperature gase na izlazu iz kotla ukazuju, najverovatnije, da se radi o prljavim grejnim površinama, iako su neki od ovih kotlova konstruisani za više temperaturu. Pri porastu temperaturu gase opada stepen iskorišćenja goriva.

Prekoračenja u pogledu gubitaka energije su rezultat nekvalitetnog sagorevanja, velikog viška vazduha i visokih temperatura.

Iako je opšta ocena negativna, zapažaju se značajna poboljšanja u odnosu na prethodna ispitivanja.

#### SUMMARY

#### Boiler Plants from the Aspect of the Decision of City of Belgrade on Measures for Protection Against Air Pollution

**Ever increasing consumption of power in the form of fuels unsuitable from the standpoint of environmental protection makes Belgrade a increasingly polluted city. Passing of the Air Pollution Protection Act and Decision on Measures for Protection Against Air Pollution of the City of Belgrade initiated regular control of the quality of combustion in Belgrade boiler plants carried out yearly by authorized organizations.**

**The decisions on measures for protection against air pollution are undasquately defined, so amendments are proposed.**

**Boiler plants testing completed by the Heat Engineering Department of the Mining Institute during the heating season 1983/84 yielded poor results, although some improvement compared with previous seasons is evident.**

## ZUSAMMENFASSUNG

### Kesselanlagen im Lichte des Beschlusses der Stadt Beograd über die Schutzmassnahmen gegen Luftverschmutzung

Immer grösserer Brennstoffverbrauch, der den Weltenschutzmassnahmen nicht entsprechen, macht Belgrad-Lift immer verschmutzter. Durch das Gesetz über die Luftreinhaltung der Stadt Beograd wurde regelmässige Kontrolle der qualität in Verbrennung in den Kesselanlagen der Stadt Beograd eingeführt, die jedes Jahr von dazu ermächtigten Personen durchgeführt wird.

Die Massnahmen zur Luftreinhaltung und gegen Luftverschmutzung sind nicht genügend definiert, so dass Änderungen vorgeschlagen werden.

Untersuchungen von Kesselanlagen, die das Bergbauinstitut Abteilung für Wärmetechnik im Laufe der Heizsaison 1983/84, durchgeführt hat, haben schlechte Ergebnisse geliefert obwohl eine gewisse Verbesserung gegen die vorhergehende Saison zu verzeichnen ist.

## РЕЗЮМЕ

### Нотельные настельно принятого решения города Белграда об мероприятиях для защиты воздуха от загрязнения

Постоянно увеличивающееся потребление энергии на основе топлив не годных касательно охраны окружающей среды создает г. Белград все больше загрязненным. Принятием Закона по охране воздуха от загрязнения и решения о мероприятиях для защиты воздуха от загрязнения г. Белграда, начался постоянный контроль качества сгорания в нотельных г. Белграда, производящийся енегодно компетентными организациями.

Принятые решения о мероприятиях по защите воздуха от загрязнения недостаточно уточнены из-за чего предлагаются изменения.

Испытания нотельных, проведенных Горным институтом, Отделом по термотехнике, в течение сезона отопления 1983/84 гг., предоставили плохие результаты, но однако ощущаются некоторые улучшения в отношении к прошедшему сезону.

## Literatura

1. Todorović, B., 1982: Energetika Beograda, Mašinski fakultet, Beograd.
2. Hess, W., 1971: Eine moderne Kommunalaufgabe — die Kontrolle der Oelfeuerungen, Schweizerische Bauzeitung, 89., Jahrgang, Heft 50.
3. Zakon o zaštiti od zagađivanja vazduha. — Službeni glasnik SRS, br. 8, 1973.
4. Odluka o meraima za zaštitu vazduha od zagađivanja. — Službeni list grada Beograda br. 15, 1973.
5. Odluka o meraima za zaštitu vazduha od zagađivanja. — Službeni list grada Beograda br. 28, 1982.
6. Baum, F., 1972: CO-Emissionen aus Hausbrand —Feuerstätten, Staub-Reinhalt. — Luft 32, br. 2.
7. Baum, F., Brocke, W., Block, W., 1971: Entwicklung von Messmethoden und Emissionsmessungen an Kesselanlagen für feste Brennstoffe mit Nennleistungen Zwischen 1800 und 800.000 kcal/h, Gesundheits-Ingenieur, Heft 1, 13.
8. Dampfkessel mit Oelfeuerung—Auswurfbegrenzung, VDI 2297.
9. Prüfung der Abgase von Oelfeuerungen, DIN 51402, Teil 1, 2.
10. Interni izveštaji Rudarskog instituta, Zavod za termotekniku, Beograd.

Autori: dipl.inž. Mihajlo Škundrić, dipl.inž. Đorđe Čobanović i dipl.inž. Milan Popović, Zavod za termotekniku u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: dr inž. B. Perković, Rudarski institut, Beograd  
Članak primljen 21.5.1984, prihvavljen 23.5.1984.

# Projektovanje i konstruisanje

UDK 62-216.001-24

Primenjeni rad

## PRORAČUN KRUŽNE PLOČE SA NESIMETRIČNIM OPTEREĆENJEM – Prikaz na primeru temelja kontejnera za jalovinu u Starom Trgu –

(sa 9 slika)

Dipl.inž. Miloš Pri比ćević – dipl.inž. Slobodan Čolak

### Uvod

U sastavu kompleksa objekata postrojenja nove flotacije u Starom Trgu nalaze se i kontejneri za jalovinu – u sistemu transporta jalovine u hidrozasip.

U građevinskom pogledu to su veliki kružni silosi u kojima se nalazi jalovina rude u tečnom stanju. Sam kontejner ima čeličnu konstrukciju i oslanja se na betonski prstenasti zid, koji nije pun krug, već je isečen velikim otvorom za tehničke potrebe (sl. 1).

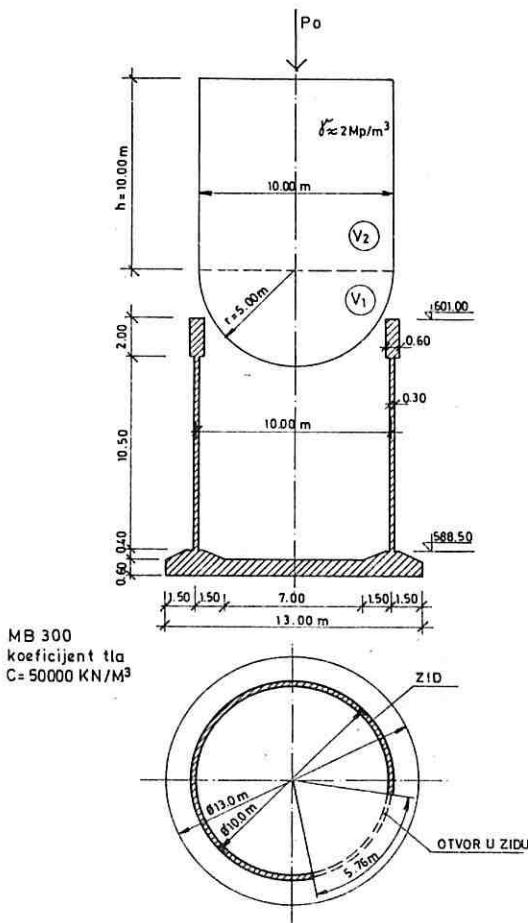
U takvom sistemu, s obzirom na veličinu otvora, opterećenje se preko zida ne prenosi simetrično po punom krugu, već nesimetrično, sa prekidom na delu otvora.

Teren na mikrolokaciji objekta ima relativno slabu nosivost, pa je ispod ploče izveden tampon od nabijenog šljunka, odnosno stabilizacija tla za nosivost  $2,50 \text{ daN/cm}^2$ . Takođe, postignut je koeficijent elastičnog sabijanja tla  $C = 50.000 \text{ KN/m}^3$ .

Konstrukcija temelja kontejnera je izvedena na sledeći način:

### Postupak proračuna

Proračun oslonačke konstrukcije kontejnera (zida i temeljne ploče) izvršen je, generalno gledano, u dve faze i to:

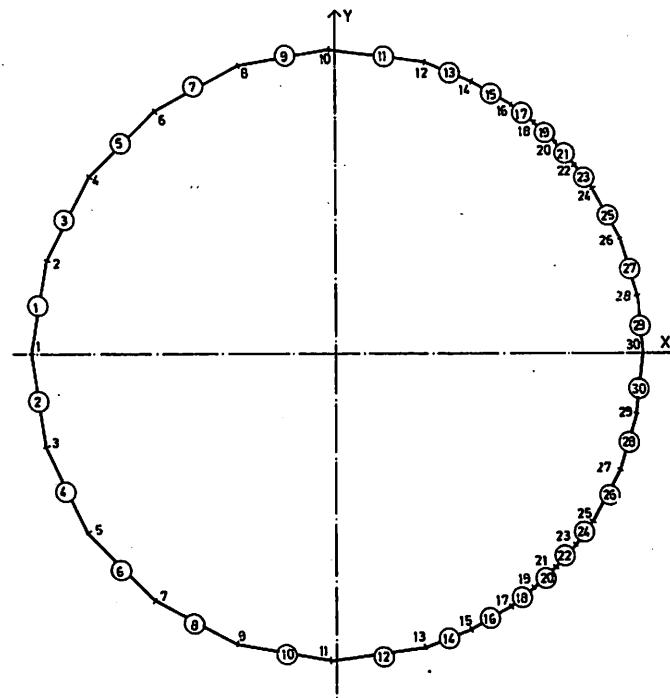


Sl. 1 — Šematski prikaz konstrukcije.

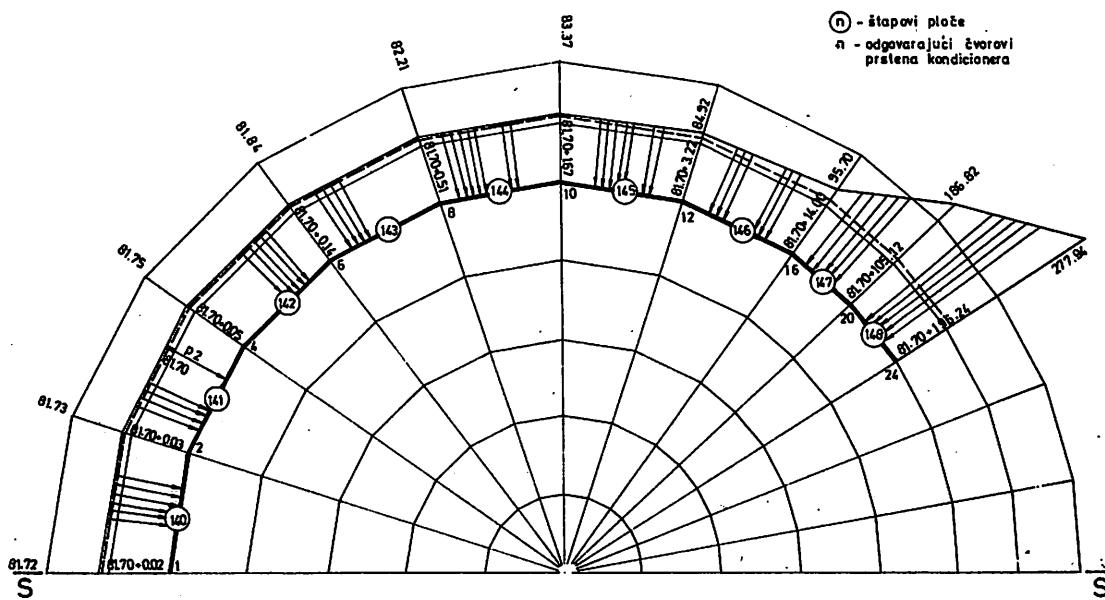
- određivanje raspodele opterećenja na zid,
  - proračun temeljne ploče za dobijeni oblik opterećenja.

### *Raspodela opterećenja na zid*

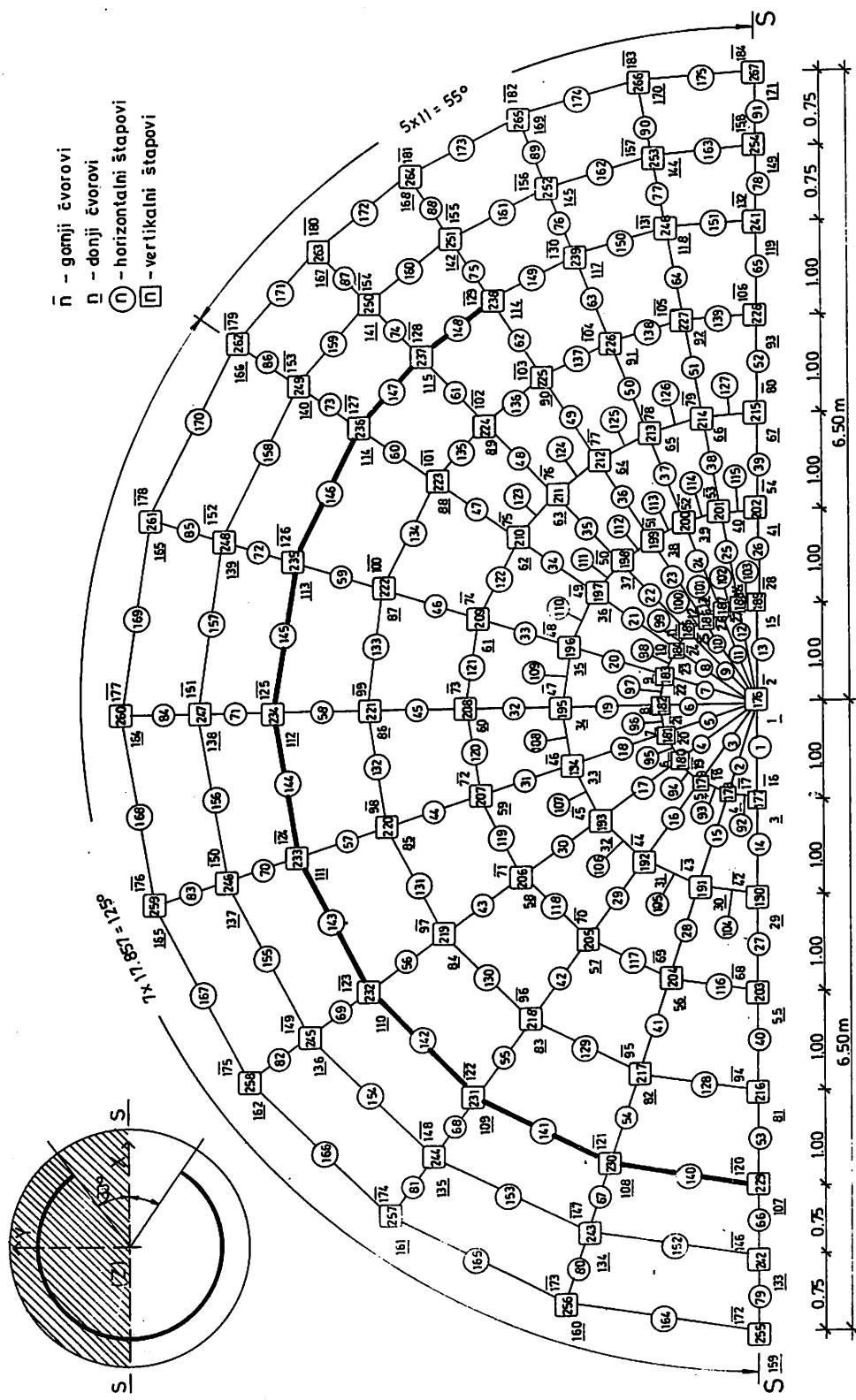
Celokupno opterećenje od konstrukcije iznad kontejnera, samog kontejnera i osloničnog beton-



Sl. 2. — Šema čvorova i ekvivalentnog sistema štapova prstena.



Sl. 3 – Šema konačnog opterećenja ploče [ $\text{kN/m} \times 10^1$ ]



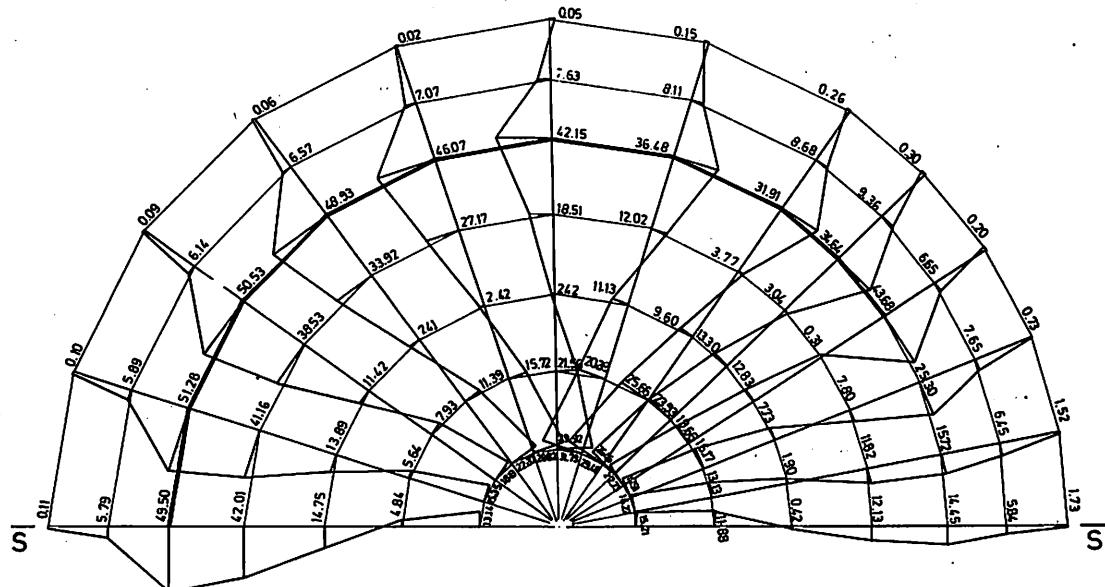
Sl. 4 – Šema zamenjujućeg roštilja temeljne ploče.

skog prstena prenosi se preko zida na temeljnu ploču. Kako po celoj visini zida (do oslonačkog prstena) postoji prikazani otvor, ovo opterećenje se na ploču prenosi samo na delu zida. Za dobijanje oblika i veličine linijskog opterećenja, koje se preko zida prenosi na ploču, odvojeno su posmatrana sledeća opterećenja:

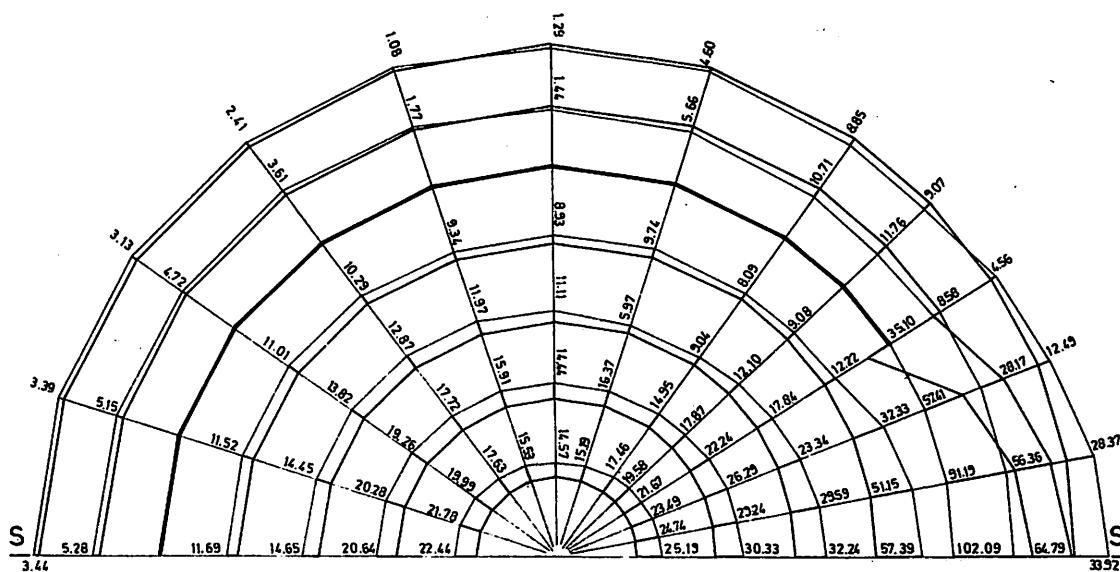
1 — opterećenje na prstenu na mestu iznad otvora u zidu

2 — opterećenje na prstenu na mestu iznad žida — zajedno sa sopstvenom težinom zida.

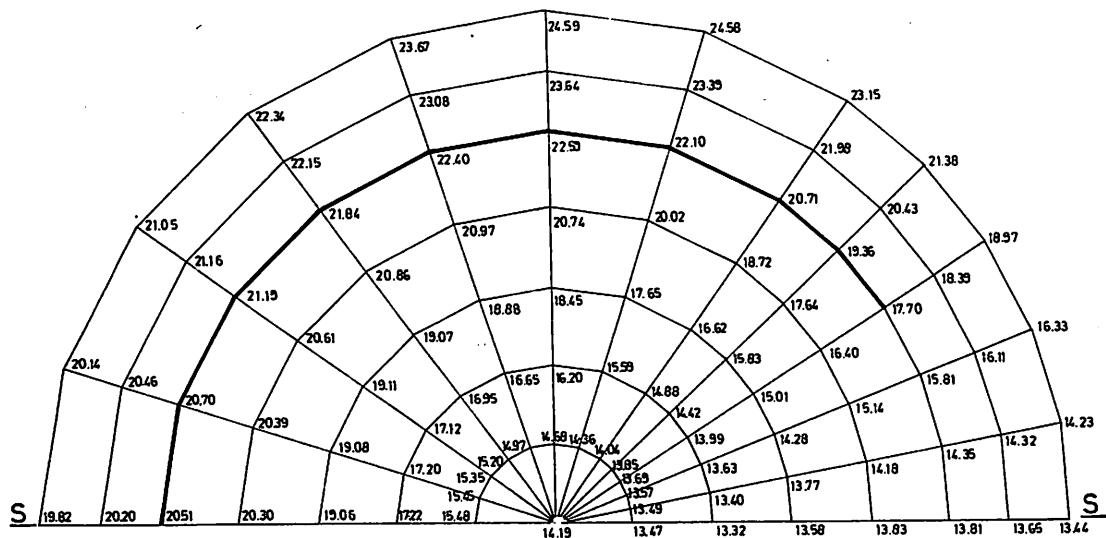
Proračunske vrednosti su sledeće:



Sl. 5 — Dijagrami momenta  $Mr$  [ $\text{kN m/m} \times 10^1$ ]



Sl. 6 — Dijagrami momenta  $Mr$  [ $\text{kN m/m} \times 10^1$ ]



Sl. 7 — Naprezanje tla ispod temeljne ploče  $\sigma_z$  [ $\text{kN}/\text{m}^2 \times 10^1$ ]

### Težine:

— konstrukcija iznad kontejnera  
(ciklonska stanica)

$$P_o = 60 \text{ t}$$

— sopstvena težina kontejnera

$$G_o = 80 \text{ t}$$

— materijal u kontejneru

$$G_M = 2094 \text{ t}$$

### Opterećenje 1 (iznad otvora):

— od kontejnera

$$708.2 \text{ KN/m}$$

— sopstvena težina betonskog  
osloničkog prstena

$$30.0 \text{ kN/m}$$

$$g_1 = 73.82 \text{ KN/m}$$

### Opterećenje 2 (iznad zida):

— od prstena (opterećenje 1)

$$738.2 \text{ kN/m}$$

— sopstvena težina zida

$$78.8 \text{ kN/m}$$

$$q_2 = 817.0 \text{ kN/m}$$

Na sl. 2 prikazana je proračunska šema prstena sa zamjenjujućim štapovima. Za opterećenje 2 (iznad zida) tretiran je prsten oslonjen u tačkama 1—25.

Zbog koncentracije uticaja na krajevima zida do otvora, čvorovi su zgušnuti, čime se postiže veća tačnost, odnosno realnost rezultata.

Za opterećenje 1 (iznad otvora) odgovarajuće tačke su 25—30.

Proračun je rađen metodom zamene prstena linijskim štapovima i zamene ploče ekvivalentnim roštiljem, čiji su elementi dobili pripadajuće karakteristike ploče u prostornom sistemu.

Proračun je izведен na računaru inženjerskog računskog centra Građevinskog fakulteta u Beogradu, po programskom paketu STRESS.

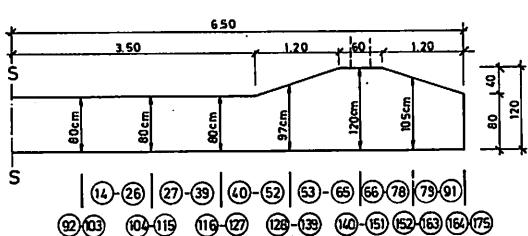
Preko osloničkih reakcija dobijeno je promenljivo linijsko opterećenje na temeljnu ploču za svako pojedinačno opterećenje, a superpozicijom uticaja za opterećenje 1 i 2 dobijen je konačan oblik opterećenja temeljne ploče, što je prikazano na sl. 3.

Za dobijeno opterećenje temeljne ploče (sl. 3) i proračunsku šemu ploče sa mrežom čvorova i sistemom ekvivalentnih štapova (sl. 4), uključujući u proračun i date karakteristike elastične podlage, dobijeni su sledeći uticaji:

— momenti u radijalnom pravcu  $M_r$  (sl. 5)

— momenti u prstenastom pravcu  $M_e$  (sl. 6)

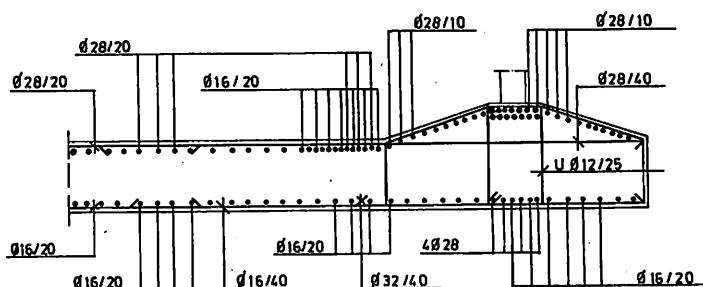
— naprezanje tla ispod temeljne ploče  $\sigma_z$  (sl. 7)



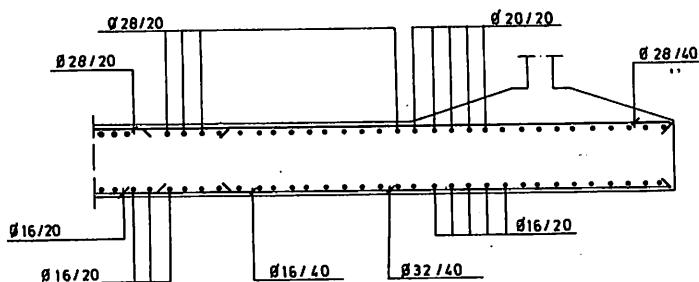
Iz dijagrama (sl. 5 i 6) vidi se da se momenti na delu otvora znatno razlikuju od onih na delu zida i po apsolutnoj veličini i po znaku. Takođe se vidi (sl. 7), da su i napezanja tla različita, ali da su u svim tačkama u granicama dozvoljenih. U nastavku, na sl. 8 i 9, dati su elementi za dimenzionisanje ploče i način armiranja ploče na delu otvora i zida za proračunske vrednosti momenata.

Sl. 8 — Elementi za dimenzionisanje ploče.

### presek na mestu otvora



### presek na mestu zida



Sl. 9 — Način armiranja ploče.

### SUMMARY

#### Calculation of a Circular Foundation Slab with Non-Symmetric Load — Exemplified by Waste Container Foundation in Stari Trg

Introduction of computerized calculation techniques increasingly enables elimination of the need for simplified calculation of engineering constructions and affords the introduction of actual loads into calculations of realistic construction systems, resulting in increased calculation correctness and approach to actual state.

The example presents the calculation of a circular foundation slab on an elastic base which bears a non-symmetric load over the wall with a large opening.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Berechnung der Kreisgrundplatte mit unsymmetrische Belastung — Darstellung am Beispiel des Kontainerfundaments für Berge in Stari Trg —

Durch Einführung der EDV-Technik wird immer weniger eine Vereinfachung der Ingenieur-Konstruktionen erforderlich und eine Einführung in die Berechnungen eigentlicher Konstruktionssysteme und eigentlicher Belastungen ermöglicht, was einer Korrektheit der Berechnung und einer Annäherung dem tatsächlichen Zustand ermöglicht.

Mit diesem Beispiel wird eine Berechnungsdarstellung der Kreisgrundplatte auf elastischer Grundlage, auf die unsymmetrische Belastung über die Mauer mit grosser Öffnung übertragen wird, gegeben.

## РЕЗЮМЕ

### Расчет круглой фундаментной плиты с несимметрической нагрузкой — Показ на примере фундамента контейнера для пустой породы на руднике Стари Трг —

Внедрением электронной вычислительной техники все больше создается возможность для устранения потребности упрощения расчетов инженерных конструкций и создается возможность для применения в расчетах действительных систем конструкций и действительных нагрузок, что приводит к корректности расчетов и приближению к действительному состоянию.

Настоящим примером представляется расчет круглой фундаментной плиты на эластичной основе, на которую передается несимметрическая нагрузка через стену с большим отверстием.

## PRILOG STRATEGIJI EFIKASNOG ISTRAŽIVANJA

(sa 1 slikom)

Ljiljana Andrić dipl.mat. – dr inž. Dragan Petković

### Uvod

U toku istraživanja postavlja se zahtev za otkrivanje vrednosti određenih parametara da bi se dobile željene vrednosti ispitivane veličine. Metode empirijskog traženja optimalnih uslova za dobijanje željene vrednosti ispitivane veličine dugo su bile neformulisane. Eksperimentator je birao ovaj ili onaj put istraživanja, koji je bazirao samo na njegovom iskustvu ili intuiciji. U poslednje vreme, u praksi se sve više uvodi matematička teorija ekstremalnih eksperimenata, koja dozvoljava izbor optimalne strategije ispitivanja pri nepotpunom znanju procesa. Ovim pristupom rešavanju ekstremalnih zadataka istraživač dobija matematički model procesa.

U matematičkom smislu zadatak se formuliše na sledeći način: potrebno je dobiti neku predstavu o funkciji odziva ispitivane veličine

$$\eta = (x_1, x_2, \dots, x_k),$$

gde je  $\eta$  ispitivana veličina koja se optimira, a  $x_1, x_2, \dots, x_k$  nezavisno promenljive – parametri koji variraju pri postavljanju eksperimenta.

Nazovimo promenljive  $x_1, x_2, \dots, x_k$  faktorima, a oblast u kojima se oni menjaju faktorskim prostorom. Geometrijska slika zavisnosti ispitivane veličine od promenljivih parametara zove se površina odziva.

U opštem slučaju, kada se ispitivanje površine odziva vrši pri nepotpunom poznавању mehaniz-

ma izučavanih pojava, analitički izraz funkcije odziva je nepoznat. Ova funkcija se može aproksimirati stepenim redom Tejlora u obliku:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i < j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i,j,k} b_{ijk} x_i x_j x_k + \dots$$

gde je  $y$  jednačinom predviđena vrednost ispitivane veličine.

Koeficijenti  $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ijk}$  mogu se odrediti koristeći rezultate eksperimenata.

Proces istraživanja, pri planiranju eksperimenata, treba razbiti na etape. Posle svake etape istraživač dobija novu informaciju, koja mu omogućava izmenu strategije istraživanja.

U matematičkom smislu, to bi značilo da na svakoj etapi istraživanja treba izabrati optimalan, u nekom smislu, raspored tačaka u faktorskome prostoru da bi se dobila neka predstava o površini odziva.

### Totalni faktorijalni eksperiment

Neka se u nekom eksperimentu radi sa dve nezavisne promenljive  $x_1$  i  $x_2$  i svaka od njih varira na dva nivoa, koji se uslovno obeležavaju sa  $+1$  i  $-1$ . Sve moguće kombinacije za dva faktora variranja na dva nivoa će biti zastupljene, ako se izvedu četiri optita što se vidi iz tablice:

Matrica planiranja x					izlazni vektor Y
(1) x <sub>0</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>		Y
+1	-1	-1	+1		Y <sub>1</sub>
+1	+1	-1	-1		Y <sub>2</sub>
+1	-1	+1	-1		Y <sub>3</sub>
+1	+1	+1	+1		Y <sub>4</sub>

Prva vrsta matrice odgovara prvom opitu u kojem su obe nezavisno promenljive x<sub>1</sub> i x<sub>2</sub> na nižem nivou itd. Koristeći takvo planiranje mogu se izračunati regresioni koeficijenti nepotpune kvadratne jednačine

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2$$

U tom slučaju broj opita jednak je broju parametara koji se ocenjuju, pa ne ostaje stepen slobode za proveru nulte hipoteze o adekvatnosti predstavljanja rezultata eksperimenta izabranim matematičkim modelom. Ako pretpostavimo da se izučavani proces u zadatom intervalu variranja promenljivih može opisati linearnim modelom, može se koristiti metoda najmanjih kvadrata za određivanje tri koeficijenta regresije b<sub>0</sub>, b<sub>1</sub> i b<sub>2</sub>, a jedan stepen slobode ostaje za proveru hipoteze adekvatnosti. Ova pretpostavka je ispravna u slučaju kad ispitivana veličina linearno zavisi od parametara procesa, odnosno ako je oblast promene parametara dobro izabrana pa linearna aproksimacija promene ispitivane veličine zadovoljavajuće predstavlja stvarnu promenu. Ova formulacija – „dobro“ odabran opseg promene parametara predstavlja stalnu opasnost za eksperimentatora, jer suviše užan opseg parametara može dovesti do toga da promena ispitivane veličine ne bude značajna, a suviše širok opseg da se površina odziva ne može

dovoljno dobro predstaviti usvojenim linearnim modelom. Izvestan broj preliminarnih ili naknadnih opita je jedini način da se za potpuno nepoznati sistem ipak utvrdi zakonitost promene ispitivane veličine od parametara procesa.

Razmotrimo sada eksperiment sa tri nezavisne promenljive x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub> koje variramo takođe na dva nivoa. Potrebno je izvršiti osam opita planirajući eksperiment kao što je prikazano u tablici 1.

Koristeći ovakvo planiranje može se odrediti slobodni član b<sub>0</sub>, koeficijenti uz linearne članove b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, koeficijenti uz odgovarajuće proizvode promenljivih b<sub>12</sub>, b<sub>13</sub>, b<sub>23</sub> i b<sub>123</sub>. Ako se ograničimo na linearan model, ostaju četiri stepena slobode za proveru hipoteze adekvatnosti.

U opštem slučaju broj opita totalnog faktorijskog eksperimenta od k faktora sa dva nivoa je N = 2<sup>k</sup>.

Ovi modeli se mogu uspešno primeniti u industrijskim – pogonskim eksperimentima, u kojima su promene ispitivanih parametara po pravilu male.

Eksperimentalni rad u laboratoriji vrlo često zahteva ispitivanje uticaja parametara u „širokim“ oblastima u kojima linearna aproksimacija veze parametara i ispitivane veličine nije prihvativljiva.

Umesto deljenja „širokih“ oblasti na uže, eksperimentator može izvršiti aproksimaciju površine odziva ispitivane veličine funkcijama višeg reda. No ova mogućnost nameće zahteve za obavljanje većeg broja eksperimenata.

Tablica 1

Matrica planiranja x									kod vrste	izlazni vektor
x <sub>0</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>3</sub>	x <sub>2</sub> x <sub>3</sub>	x <sub>1</sub> x <sub>2</sub> x <sub>3</sub>			
(2)+	-	-	-	+	+	+	-	(1)	Y <sub>1</sub>	
+	+	-	-	-	-	+	+	a	Y <sub>2</sub>	
+	-	+	-	-	+	-	+	b	Y <sub>3</sub>	
+	+	+	-	+	-	-	-	ab	Y <sub>4</sub>	
+	-	-	+	+	-	-	+	c	Y <sub>5</sub>	
+	+	-	+	-	+	-	-	ac	Y <sub>6</sub>	
+	-	+	+	-	-	+	-	bc	Y <sub>7</sub>	
+	+	+	+	+	+	+	+	abc	Y <sub>8</sub>	

(1) – svi faktori na nižem nivou  
a – x<sub>1</sub> na višem, x<sub>2</sub> i x<sub>3</sub> na nižem itd. . .

Treba voditi računa da i ovom prilikom traženje optimalnih uslova može iziskivati ponavljanje serije opita u drugoj oblasti parametara, pri čemu će se nova oblast bliže odrediti na osnovu već dobijenih rezultata.

S obzirom na tu činjenicu, kao i na to da je za potpune matrice opita potrebno izvršiti veliki broj ispitivanja potrebno je ukazati na korisnu mogućnost skraćenih matrica opita. Skraćene matrice opita omogućuju eksperimentatoru da srazmerno malim brojem eksperimenata ranije i brže otkrije optimalnu oblast parametara.

*Primer: Utvrđivanje uticaja koncentracije NaOH, pritiska i sadržaja organske materije na prinos organske materije u klasi – 64 µm primenom rotacione skraćene matrice*

Uslovi opita visoko temperaturske ekstrakcije uglja (2)

Sadržaj organske materije: 181,0; 200; 230; 260; 278,9 g/mol NaOH

Koncentracija lužine: 0,685; 0,77; 0,905; 1,040; 1,125 mol/l

Pritisak: 6,85; 10; 15; 20; 23,5 bara

Bezdimenzioni faktori:

– organske supstance:  $x_1 = \frac{M - 230}{30}$  (–1,63;

–1,0; 0,0; 1,0; 1,63), pri čemu je M sadržaj organske materije u g/mol NaOH;

– koncentracije:  $x_2 = \frac{C - 0,905}{0,135}$  (–1,63; –1,0; 0,0; 1,0; 1,63) C (=) mol NaOH /l

– pritiska:  $x_3 = \frac{P - 15}{5}$  (–1,63; –1,0; 0,0; 1,0; 1,63) P (=) bar

## Rezultati

Uslovi opita kao i prinos organske materije u klasi – 64 µm prikazani su u tablici 2.

Regresionom analizom utvrđen uticaj bezdimenzionalnih faktora na prinos organske materije dat je u  $y_{64}(\%)$  u klasi – 64 µm jednačinom:

$$\begin{aligned} y_{64} (\%) = & 89,14 - 5,26 x_1 - 2,14 x_2 + \\ & + 5,76 x_3 - 1,02 x_1^2 + 0,29 x_2^2 - 2,25 x_3^2 - \\ & - 1,83 x_1 x_2 + 2,01 x_1 x_3 + 0,81 x_2 x_3 \end{aligned}$$

Grafici ove funkcije dati su na slici 1.

Na osnovu vrednosti faktora analize varijanse  $F = 4072$ , kao i stepena slobode 9 i 7, može se zaključiti da je uspostavljena korelacija tačna sa verovatnoćom većom od 99%.

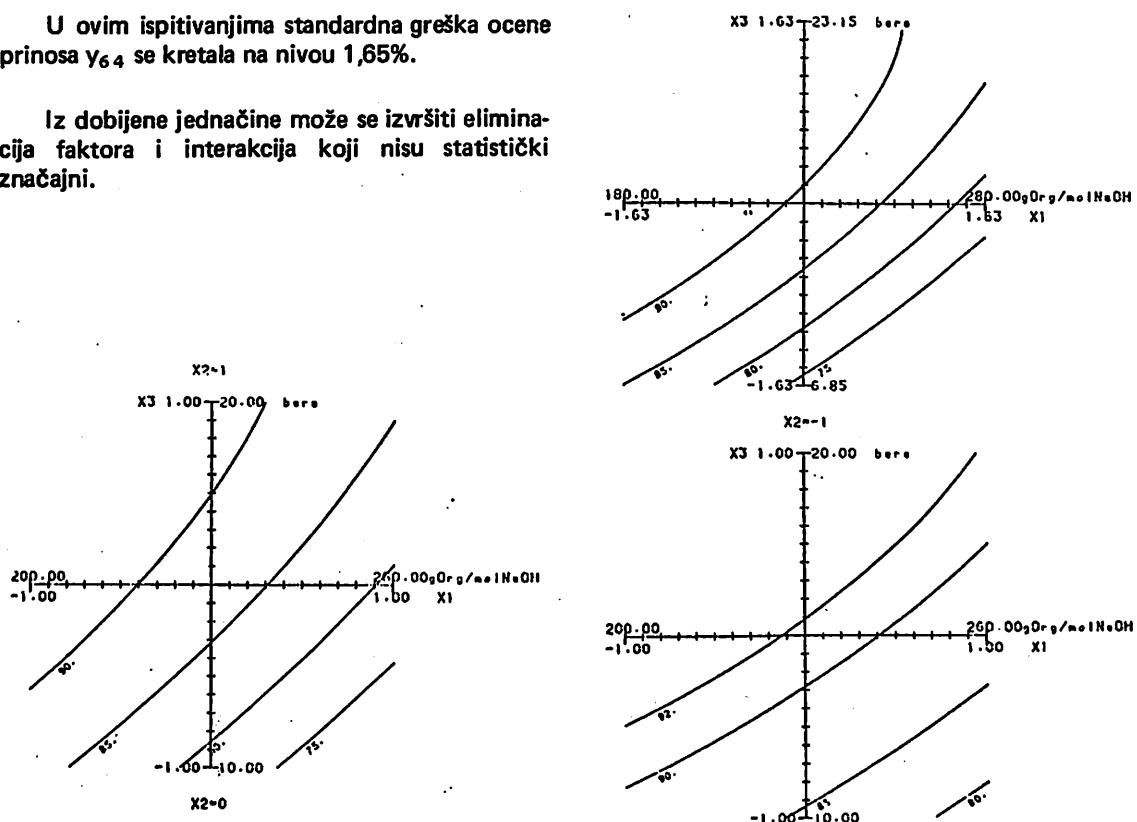
Uticaj pritiska, sadržaja organske materije (g/mol NaOH) i koncentracije NaOH na prinos organske faze u klasi – 64 µm

Tablica 2

$x_1$	$x_2$	$x_3$	Org. mat. g/mol NaOH	Koncentrac. mol NaOH/l	Prit. bara	$y_{64}$ %
+1	-1	+1	260	0,770	20	91,7
+1	+1	-1	260	1,040	10	69,0
0	0	0	230	0,905	15	88,6
-1	+1	+1	200	1,040	20	95,7
-1	-1	-1	200	0,770	10	90,3
-1	-1	+1	200	0,770	20	95,3
-1	+1	-1	200	1,040	10	88,0
0	0	0	230	0,905	15	90,2
+1	+1	+1	260	1,040	20	85,3
+1	-1	-1	260	0,770	10	79,2
+1,63	0	0	279	0,905	15	77,5
-1,63	0	0	181	0,905	15	83,4
0	0	+1,63	230	0,905	23,5	93,0
0	-1,63	0	230	0,685	15	92,0
0	0	0	230	0,905	15	89,3
0	+1,63	0	230	1,125	15	85,9
0	0	-1,63	230	0,905	6,85	71,4

U ovim ispitivanjima standardna greška ocene prinosa  $\gamma_{64}$  se kretala na nivou 1,65%.

Iz dobijene jednačine može se izvršiti eliminacija faktora i interakcija koji nisu statistički značajni.



Sl. 1 – Međuzavisnost sadržaja organske materije i pritiska pri konstantnom prinosu organske materije u klasi – 64  $\mu\text{m}$  za koncentraciju NaOH 0,770; 0,905 i 1,040.

## SUMMARY

### Contribution to the Strategy of Efficient Research

Mathematical theory of extreme experiments and application of computers enable the selection of an optimum strategy of performing experiments under unknown conditions.

The use of the reduced rotary matrix is illustrated by experiments for determination of the yield of organic matter as a function of three parameters.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Beitrag zur Strategie der wirkungsvollen Untersuchung

Mathematische Theorie von Extremversuchen und Anwendung von Rechneranlagen machen eine Auswahl der optimalen Strategie zum Ausführung von Versuchen mit unbekannten Bedingungen, möglich. Anwendung der verkürzten Rotationsmatrix ist durch Bestimmung des Ausbringens von organischen Stoffen in Funktion von drei Parametern verdeutlicht.

РЕЗЮМЕ

И стратегии эффективного исследования

Математическая теория экстрамалических экспериментов и применение вычислительных машин создают возможность для выбора оптимальной стратегии выполнения эксперимента с неизвестными условиями.

Применение укоренной ротационной матрицы иллюстрировалась на экспериментах уточнения прибыли органической материи во функции трех параметров.

L iterat ura

1. Himmelblau, D.M., 1970: Process analysis by statistical methods, JWS inc.
2. Petković, D., 1984: Razvoj tehnološkog postupka za dobijanje stimulatora rasta biljaka na bazi ekstrakcije lignita, doktorska disertacija, TMF, Beograd.

Autori: Ljiljana Andrić, diplomatem., Zavod za informatiku i ekonomiku i dr inž. Dragan Petković, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: prof. dr.inž. M. Perišić, Rudarski institut, Beograd  
Članak primljen 8.5.1984, prihvaćen 23.5.1984.

## Nova oprema i nova tehnička dostignuća

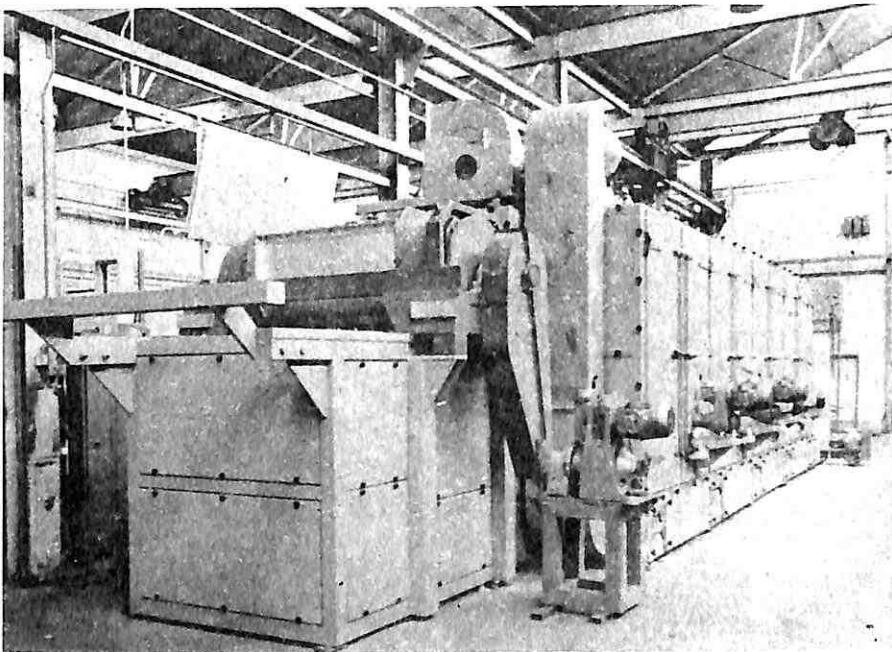
### EIBIS – INFORMACIJE

#### **Novo postrojenje za sušenje kaolina za NDR ima tehnički stepen dejstva od 76%**

Termički stepen dejstva od 76% dokazan je kod primopredaje postrojenja za sušenje kaolina (sl. 1), koje je isporučila APV Mitchell Dryers Ltd., Carlisle, Engleska, Nemačkoj Demokratskoj Republici. Novo postrojenje je konstruisano za preradu kaolina sa 30% vlage i izbacuje 6,5 t/h kod 12% vlage.

dovodi ekstruderu. Valjkasti ekstruder deformiše usitnjeni filterski kolač u ekstrudate od 6 mm prečnika, koji se polaže poprečno ravnomerne na transporter, a vodi u sušaru, široku 2,6 m i sastoji se iz perforisanog nerđajućeg čelika.

Ekstrudiranjem se dobija sloj kaolina sa ravnomernom debjinom i širinom, kroz koji može da cirkuliše zagrejan vazduh. Osim toga, povećava se područje površine materijala, koji je izložen vazduhu toliko, da se poveća prenos



Slika 1

Opiti sa novom vodenom parom, grejanom u sušari pokazali su, da je potrebna potrošnja pare do samo 2,35 t/h, da bi se isparilo 1,56 t/h vlage – to je 1,48 kg pare/kg isparene vode. Potrošnja elektroenergije postrojenja iznosi samo 58 kW.

#### **Način rada**

Vlažan kaolinski filterski kolač se sitni i na transporteru od letava, koji se kreće polako, kontinualno se

toplote i brzina isparavanja, što izaziva brzo i efikasno sušenje.

#### **Dirigovano sušenje**

Uređaj za sušenje transportnom trakom obuhvata stvarno zagrevani segment od 9,1 m i podeljen je u pet jednakih zona za sušenje; tome treba dodati zonu za hlađenje, koja se nadovezuje na zagrevane segmente. Svaka zona se sastoji iz zatvorene konstrukcije jedinice sa

izmenjivačem topote, čija je temperatura regulisana duvaljkom za cirkulaciju vazduha, regulabilnog dovođenja svežeg vazduha i odvođenja istrošenog vazduha. Sa tim uređajem mogu se optimirati radni uslovi po celoj dužini sušare, tako da se postiže željena vlažnost. Kod proširenja proizvodnje mogu se kasnije ugraditi radi povećanja kapaciteta sušenja druge konstrukcione jedinice. Normalna pogonska temperatura vazduha kreće se oko 150°C.

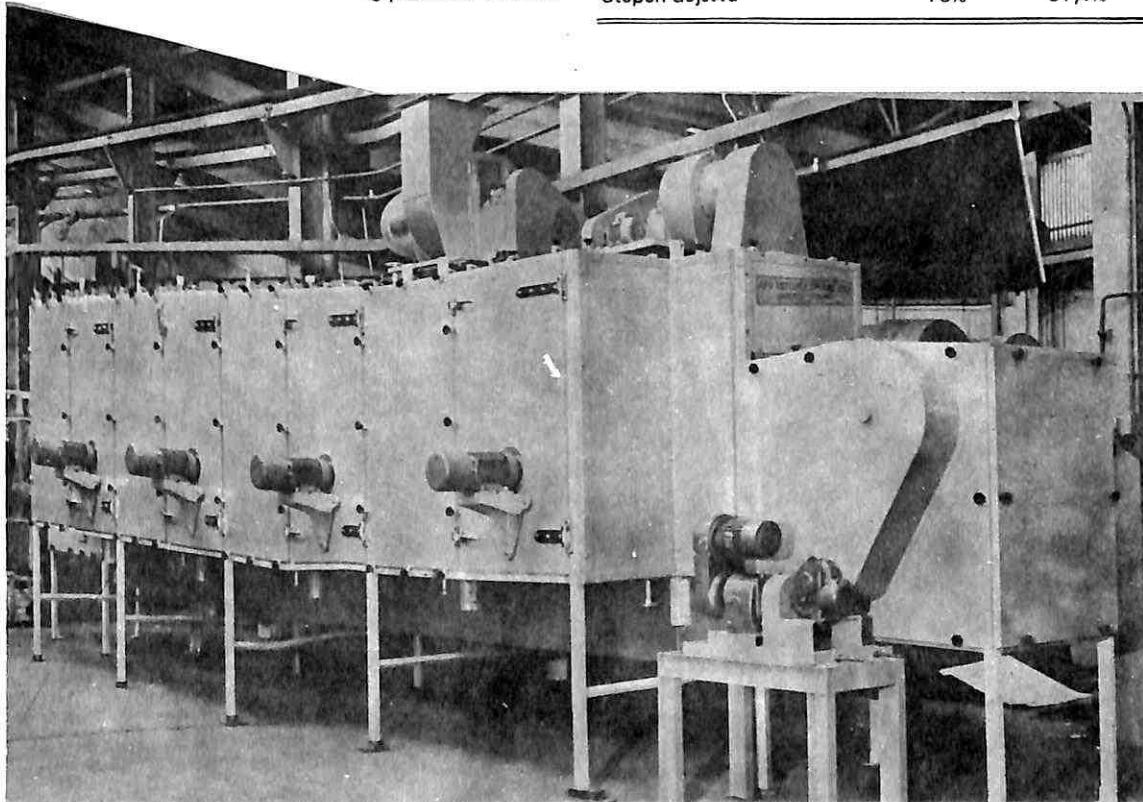
#### Ušteda energije

Kao najvažnije obeležje konstrukcije u odnosu na štednju energije ugrađuju se predgrevajući vazduha u tih pet glavnih izmenjivača topote u cirkulaciju pare i služe za regeneraciju energije iz kondenzata. Kod radnog pritiska pare od 10 bara je regeneracija otpadne topote naročito efektivna. Prilikom predaje postrojenja u NDR pokazalo se, da se kod primene predgrevajuća smanjila potrošnja pare za 14%; poboljšana termoizolacija je donela dopunske ušte-

Dalje uštede energije mogu se postići ekonomski regeneracijom topote iz otpadnih gasova sušare. To je kod vazdušne sušare relativno jednostavno, u kojima cirkulacija vazduha kroz ekstrudate ne vodi nikakvom stvaranju prašine. Kod drugih tipova sušare teško bi se mogla izvesti regeneracija topote zbog prašine u dimnim

Tablica 1

Potrebna topota	slučaj A	slučaj B
Potrebna količina termo-energije, da se celokupna količina vlage u kaolinu doveđe do tačke ključanja	0,231 MW	0,231 MW
potreбна количина топлоте, да би се тада садржавајућа влаге испаравањем од 29% на 12% спуштено	0,975 MW	0,975 MW
Topota, коју су за време сушења узеље чврсте материје	0,126 MW	0,126 MW
Topota u otpadnom vazduhu sušare	0,210 MW	0,210 MW
Topotni gubici postrojenja	0,049 MW	0,074 MW
	1,591 MW	1,616 MW
<b>Potrebna energija</b>		
Potrošnja pare	2330 kg/h	2867 kg/h
Ukupna topota u obliku pare	1,693 MW	2,110 MW
Ukupna potrošnja elektroenergije	0,058 MW	0,058 MW
	1,791 MW	2,158 MW
Stepen dejstva	76%	61,4%



Slika 2

Tablica 1 prikazuje upoređenje potrebne toploće kod sušenja trakom, kao što je utvrđeno za vreme preuzimanja postrojenja u NDR kod stvarnih merenja — slučaj A na instalisanu sušaru na traci sa brzom regeneracijom toploće i dopunskom termoizolacijom, a slučaj B na sušaru na traci bez uređaja za uštedu toploće.

troškova energije je često povoljnije da se vlaga udalji mehanički pre termičkog sušenja. Sušenje trakom, koja može preraditi sirovine sa malim sadržajem vlage je samo po sebi vrlo ekonomično, čak ako se i uračuna potrebna energija za mehaničko cedenje i ekstrudiranje. Nasuprot tome je za sušenje prskanjem potrebna mnogo veća količina vlage, da bi se mogao pokvasiti dovedeni materijal; takvi uređaji zahtevaju mnogo veću potrošnju energije.

#### Stepen dejstva

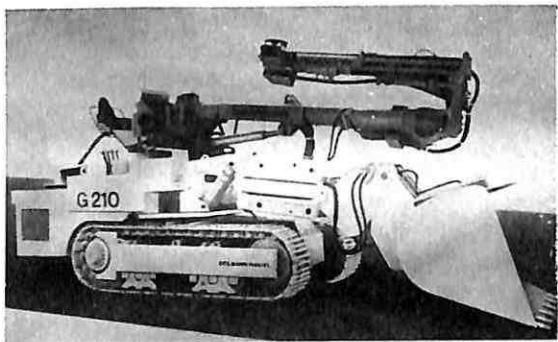
Termički stepen dejstva je naročito važan kod sušenja masovnih materija, jer ovde troškovi energije imaju često značajan udeo u ceni gotovog proizvoda. Kod visokih

Uređaji sa sušenjem na traci firme APV Mitchell mogu da se isporuče sa zagrevanjem na gas ili lož-ulje. Za preradu velikog broja glina, minerala i drugih materija stoje na raspolažanju razni dovodni sistemi. Slika 2 prikazuje slično postrojenje, koje je isporučeno za obradu olovnog pigmenta.

\* \* \*

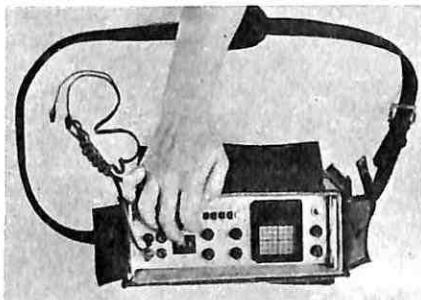
#### Odvođenje metana

Otkopavanje uglja je obično povezano i to usko sa oslobađanjem metana. Visoki učinak budućih čela sa velikim kapacitetom zahteva posebnu sredstva za održavanje sadržaja CH<sub>4</sub> u ventilaciji ispod 1%. Već 30 godina vrši se sistematsko odvođenje metana u rudnicima Sarajevo i znatno je poboljšano. Postojeći podaci i stalne dopunske analize sadržaja gaza u otkopnim poljima omogućuju procenu količine gase koje treba odvesti i one koju treba evakuisati sa strujom lošeg vazduha. Odgovarajuće količine se uzimaju u obzir pri proračunima provetranja i planiranju pored uobičajenih karakterističnih podataka. Modeli ventilacione mreže za razne otkopne uslove su izrađeni i jedna zapadnonemačka tehnička i konsultantska kompanija obavlja odgovarajuće usluge.



ističu, da su komande na vozilu od 24 t u potpunom skladu sa najnovijim ergonomskim razmišljanjima.

*Mining Reporter 37*



*Mining Reporter 221*

#### Jambo za bušenje i utovar

Dva proizvodna preduzeća su udružila snage u izradi kombinacije za bušenje i utovar, koja se sastoji od hidrauličnog utovarača za bočno istresanje G 210 i teleskopske katarke za bušenje HB 600 opremljene kolicima MK 30, koja omogućuju dohvat bušotine od 2250 mm primenom rotacionih udarnih bušilica AD 6. Katarka za bušenje i ankerovanje ima hod od 1 m na utovaraču da zahvati minskie ili ankerske bušotine kako i gde je to potrebno. Hidraulika utovarača snabdeva i sistem za bušenje, mada sigurnosna navedena kada sprečava istovremeno kretanje bušilice i utovarača. Proizvođači

#### Uređaj za vulkaniziranje transportnih traka

Uređaj za vulkaniziranje transportnih traka, predviđen da smanji vreme prekida transportnih sistema na najmanju moguću meru, može se sada nabaviti. Prese „u obliku rama“ su pogodne za slučajevе kada je maksimalno skraćivanje prekida rada kritični faktor. Ušteda vremena prekida nastaje zbog kraćeg vremena za sklapanje opreme zahvaljujući jedinstvenoj konstrukciji mašine iz dva dela. Dve polovine uređaja za vulkaniziranje, koji se sastoji od donjeg i gornjeg rama, sadrže sisteme za zagrevanje, hlađenje i pritisak i spajaju se pomoću nekoliko pritisnih zavrtinja. Sklapanje prese 3400 x 2200 mm, predviđene za spajanje trake sa čeličnim kordom širine 1820 mm, je skraćeno od više časova na svega nekoliko minuta. Projekat ternih peskova u Alberti, Kanada predstavlja primarni primer koristi, stečenih primenom uređaja za vulkaniziranje „u obliku rama“. Primenom ovih novih mašina, ekipi za spajanje prijavljuju uštede od 5 do 6 časova po spoju. Sa oko 60 spojeva godišnje ovo dovodi do ogromne uštede vremena kada transporter rade umesto da miruju. Mogućnost nabavke uređaja za vulkaniziranje „u obliku rama“ pruža ljudima koji se bave trakama priliku za izbor. „Sekcioni“ uređaji za vulkaniziranje su konstruisani za situacije kada je maksimalni profitabilitet kritični faktor.

*Mining Reporter 81*

## Elektrohidraulički regulatori podgrade

Poboljšana koordinacija otkopne mašine, podgrade i transporter je neosporan način za podizanje sadašnjeg visokog nivoa produktivnosti na još veći. Elektrohidraulički regulatori su znatno doprineli potpunoj automatizaciji operacija na čelu. Regulatori oklopa sa ugrađenim mikroprocesorima garantuju samoodređivanje funkcija „oslobodi, napreduj i postavi“. Mada one obrazuju jasni redosled u oklopima, transporter mora da se prebaci u sektore primenom komandnih signala. Redosled rada oklopa može da bude u bilo kom smeru, prema potrebi. Sigurnosna petlja je obezbeđena kao zaštita protiv opasnih situacija u otkopima, itd.

Mining Reporter 190

## Bešavni ventilacioni kanali

Bešavni ventilacioni kanali su ugrađeni u nekoliko rudarskih okana. Ugrađeni su radi iskorišćenja ekonomike i sigurnosti kanala sa varovima. Ventilacioni kanali su tkanici kontinualno, nema zavarenih šavova, te se prema tome, ne mogu rascepati čak ni pri visokim temperaturama. Dužine od 100 m i više se mogu nabaviti, što zahteva manje spojnica i time pruža manje mogućnosti procurivanja. Materijal je lak ali velike mehaničke čvrstoće. Sabijajuće remenje je utkano čime se dobija veća čvrstoća i manja mogućnost popuštanja. Kanal je prekriven antistatičkim jedinjenjem koje, takođe, pomaže i u nezapaljivosti. Kanali dobro služe dugoročno ili pri udarnim opterećenjima. Bešavni ventilacioni kanali se mogu isporučivati u magacine koji imaju dužine od sto ili više metara. Troškovi i radne prednosti u transportu i postavljanju su očigledni.

Mining Reporter 224

## Mašina za bušenje za konsolidacione injekcione bušotine

Švajcarskoj kompaniji je poverio jugoslovenski ugovarač Geotehnika – Zagreb izradu specijalne mašine za bušenje za rade na konsolidaciji brane na reci Tigar blizu Mosula u Iraku. Ove lepezaste mašine za bušenje su u stanju da rade u skućenim galerijama i predviđene su za bušenje

radijalno usmerenih konsolidacionih bušotina do dubine od 50 m, ostvarujući prečnik bušotine od oko 60 mm. U daljim operacijama se ove bušotine torkretiraju radi učvršćivanja i zaptivanja strukture brane. Lepezasta mašina za bušenje modularne konstrukcije je montirana na gusenicama i ima hidraulički pogonjeni posmak za bušenje sa snažnim hidrauličkim drifterom. Pokretna obrtna komandna tabla sadrži sve potrebne regulatore i prateće instrumente, te omogućuje rukovanje samo jednog lica, kome su na dohvat posmak i drifter kada je to poželjno.

Mining Reporter 256

## Suvi filter za prašinu u jamskom otkopavanju

Mlazni filter sa vrećama predstavlja najnoviji vid filtriranja suvom tkaninom. Suvi filtri za prašinu su bili posebno uspešni u kombinaciji sa mehaničkim tehnikama za izradu hodnika i tunela. Konstrukcija je zasnovana na dugom iskustvu sa posebnim zahtevima i teškim uslovima rудarstva. Mlazni filtri sa vrećama su filtri sa suvom tkaninom sa impulsnim čišćenjem pomoću komprimovanog vazduha. Za jamsku uoptrebu konstruisani su posebno, s obzirom na ograničenja koja nameću hodnici-manjeg preseka. Vazduh sa prašinom se uvlači u filtersku komoru usisnim ventilatorom koji je povezan sa odvodom čistog vazduha. Vazduh se filtrira kroz filterske vreće u komoru čistog vazduha i prašina se taloži van vreća. Automatskim i određenim redosledom redovi vreća sa čiste impulsima komprimovanog vazduha preko pneumatskog rotacionog pulsacionog uređaja koji radi preko ventila sa brzim dejstvom. Mlazni filtri sa vrećama ostvaruju visoki stepen izdvajanja prašine uz veoma male gubitke pritiska. Kod mašina za izradu hodnika sa katarkom mlazni filtri sa vrećama se obično vuku iza mašine bilo na monoreilu ili na saonicama. Kod mašina za izradu punog profila hodnika, mlazni filtri sa vrećama su obično sastavni deo vozila mašine. Filtri sa spljoštenim vrećama se koriste za odstranjivanje prašine sa transportnih traka i u drobilama, i obično su postavljeni neposredno iza dodavača ili drobliice zajedno sa donjom utovarnom trakom ili lančanim transporterom koji je pričvršćen za donju stranu filtra pomoću montažne prirubnice. Mogu se koristiti filtri sa jednom ili više komora, s tim da je svaka komora opremljena sklopom za spljoštene vreće koji drži više vreća na ramu. Bočna kontrolna vratanca omogućuju brzo i lako vađenje ramova radi promene pojedinih vreća.

Mining Reporter, 291

## Kongresi i savetovanja

*Rudarski institut, Beograd (Zemun) prihvatio je da u svom časopisu „Rudarski glasnik“ objavljuje razne informacije o APCOM-u i tako obaveštava našu rudarsku javnost o njegovoj aktivnosti.*

### 18. simpozijum APCOM-a, London, 1984. (I deo)

U periodu od 26. do 30. marta 1984. godine, održan je u Londonu 18. simpozijum APCOM-a u organizaciji Institution of Mining and Metallurgy. Simpozijum se je odvijao u tri paralelne sesije (A, B i C). U isto vreme su 26., III, 27. III i 29. III održane tri plenarne sesije na kojima je izložena osnovna problematika o primeni kompjutera i matematike u geostatistici, primeni mineralnih sirovina, planiranju i analizi tržišta, u proizvodnji uglja, kao i informacija o internacionalnoj klimi u industriji metala.

Opšta je ocena, da se je vrlo mnogo napredovalo u primeni kompjutera u rудarstvu u svim oblastima, te da se je znatno proširio krug stručnjaka koji se bave tim problemima.

Da bi se dobio približan uvid u rad ovog simpozijuma daje se pregled po oblastima delatnosti. Ovom prilikom je nešto detaljnije objašnjena oblast pripreme mineralnih sirovina u želji da se poveća interesovanje za ovu oblast kod nas.

#### Geostatistika

D.G. Krig e: *Geostatistika i definicija nepouzdanoosti.* – Ovim referatom je otvoren 18. internacionalni simpozijum APCOM-a. Zaključak je, da je geostatistika dala svoj značajan doprinos boljoj proceni sadržaja i količine rude u ležištu. Pojam „boljoj“ proceni svodi se na manju grešku procene. Treba raditi na problemima: granice poverenja i raspodele verovatnoće za stvarne ali nepoznate sadržaje rude. Dva problema je Krige objasnio u svom referatu obrađujući dva slučaja koje on naziva scenarije A i B.

O.m. P. Garg: *Primena geostatistike u lateritskim ležištima nikla.* Referat obuhvata problem procene ležišta geostatističkim tehnikama radi utvrđivanja sadržaja rude nikla u cilju planiranja u rudniku i ostvarenja odgovarajuće mešavine.

P.A. Dowd i I.R. Scott: *Primena geostatistike u planiranju rudnika kompleksne rude: srebro–olovo–cink.* Studija predstavlja lokalnu detaljnu procenu dimenzija i kvaliteta mnogožičnog ležišta primenom krigovanja, kod čega su informacije poprečne bušotine.

B.L. Kawai i P.F. Mousset – Jones: *Indikativni pristup proceni rudnih rezervi ležišta zlata u Nevadi.* Rad je prikazao globalnu i in-situ procenu rezervi za sedimentno ležište u kome se pojavljuju tri tipa rude. Bilo je dosta primedbi i pitanja o izloženom pristupu, ali je rad interesantan zbog obimnosti analiza.

J. Benest i P.E. Winter: *Procena rudnih rezervi primenom geostatistike pod stalnom kontrolom geologije.* Iz naslova se vidi da je to procena interaktivnog delovanja geologije i geostatistike u proceni.

J. Claude i F. Robide: *Obračun varijanse u globalnoj proceni.* Rad koji se bavi problematikom pogušćavanja mreže istražnih radova koristeći varijansu globalne procene.

J.M. Rendu: *Geostatističko modeliranje geoloških kontrola.* Studija se bavi interakcijom geološkog i geostatističkog odnosa u proceni rezervi.

J. Deraisme, Ch. de Fouquet i H. Fraisse: *Geostatistički model rudnog ležišta u cilju kompjuterskog obračuna profita za različite metode primenjene u podzemnoj eksploraciji.* Studija se bavi izborom otkopne metode u podzemnom rudniku urana optimiranjem finansijskih efekata, a primenom geostatističke procene.

Osim ovoga, u oblasti rudnih rezervi obrađivani su problemi: geostatistički pristup uzorkovanja u rudniku (F. Deverly); program GDM: upravljanje geološkim podacima kao sistem u službi geostatistike (E. Lefevre i drugi); program istraživanja dubokog sulfidnog ležišta (J.Q. Rogado i dr.); optimalni plan bušenja u višeciljnog projektu (F. Szidarowsky i M. Gershau).

#### Površinska eksploracija

Prvu grupu problema čine referati autora: J.A.C. Diering i dr. D.F. Gibson i E.L. Mooney i D.B. Bratičević o oblikovanju konačnog oblika površinskog kopa. Po ovom pitanju je bilo mnogo diskusije i za sada postoje samo heuristički modeli.

Problemi dugoročnog planiranja, vezani za rešenje u investicionom programu ili proizvodnih programa i to: za rudnike kamenog uglja u SR Nemačkoj – problem moćnosti sloja (J. Leonhardt i W. Skala), basen Kosovo, Jugoslavija (M. Perišić i P. Tanasković), dinamički model

eksploatacije rudnika povezujući ekonomiku, geologiju i inženjering (De Verle i drugi), konačni oblik kopa i optimalni program proizvodnje (dr F.L. Wilke i drugi), korelacija i mešavina u površinskoj eksploataciji (N. Billete i J. Elbrand), numerička simulacija dobijanja i utovara u procesu na površinskom kopu (L. Jing).

Kompjuterska grafika na površinskim kopovima, u cilju interaktivnog planiranja proizvodnje, i to: rudnik bakra, Indija (dr C.G. Hinde i drugi), površinski kopovi uglja (S.L. Bernk, i Y.C. Kim), razvoj interaktivne grafike u NCB — Engleska (D. Hartey i M.A. Ranson).

#### Transport u rudarstvu i održavanje mašina

Iz ove oblasti prikazani su referati koji mogu da se svrstaju u nekoliko karakterističnih obrada ali koji nisu obrađivali samo tematiku iz naslova. To su:

*Kompjuterska analiza i rutinska testiranja opreme na površinskim kopovima* (M.S. Parkyn i M.L. Need); *Kompjuterska simulacija modela za optimizaciju servisne službe održavanja pumpi na površinskom kopu* (B.T. Dalkowski); *Proektivnost i ekonomičnost pneumatskih bušilica* (M. Klemme i P.F. Mousset); *Kompjuterska simulacija željezničkog transporta na površinskom kopu* (Luo Zhongzhou i. *Simulacija transporta na Impala Platinum, Ltd.* (J.W. Wilson); *Približni modeli teorije čekanja u redu za sisteme*

*diskontinuiranog transporta u rudarstvu* (D. König i D. Stoyan); *Operaciona istraživanja u planiranju podzemnog transporta* (M.W. Hancock i D.N.G. Lyons).

#### Podzemna eksploatacija

Referatima je obuhvaćena sledeća problematika:

- simulaciona tehnika za metode „room and pillar“ (C. Hayocks i drugi) i sistemi na širokom čelu uglja (N.G. Michalopoulos i E. Topuz),
- programiranje rudarskih operacija u rudniku u okviru plana pomoću kompjutera (T.H.H. Campbell i J.G. Kennedy); iskustva na kompjuteru baziranog sistema za operacije i upravljačka kontrola rudnika (A.C. Spence); primena mikrokompjutera u planiranju rudnika uglja (P. Rees),
- primena mikrokompjutera u prognoziranju emisije metana (D.P. Craedy i S. Kershaw) specifično za rudnike određene oblasti Velike Britanije.

U okviru ove tematike je P.G. Tregelles iz N.C.B — Bretby (Institut) održao vrlo instruktivno predavanje o kompjuterskoj tehnologiji u rudnicima uglja, a P.C.F. Crowson, Riotinto — Zinc Corp. o internacionalnoj klimi u industriji metala.

## Iz inostrane prakse

Louis J. Sousa i dr.: *Assessment of Projected Technological Innovation in the US Copper Industry* (I i II deo) Mining Engineering J., str. 1271–1273 i 1401–1405.

Rosenkranz, R.D. i dr.: *Copper Availability – Market Economy Countries*. — Bureau of Mines IC 8930.

### PREDVIĐANJA MOGUĆNOSTI UNAPREĐENJA TEHNOLOGIJE PROIZVODNJE BAKRA

#### I – Metodologija procenjivanja perspektivnosti tehnoloških unapređenja u proizvodnji bakra

##### Opšti osvrt

Za poslednjih deset do petnaest godina eksploatacija i prerada bakra u svetu odvijale su se pod uticajem tehn.-ekonomskih činilaca. Od njih su najvažniji:

- eksploatacija polaznih bakronosnih sirovina – ruda odvija se uz stalno opadanje sadržaja metala u njima;
- potrošnja bakra i prodajna cena su se znatno menjale u toku poslednjih desetak godina. Potrošnja bakra stagnira ili ima tendenciju blagog opadanja. S tim je povezana stagnacija ili blagi pad cene;
- poseban „hendikep“ je osetan pad cena sporednih produkata koji se dobijaju pri preradi osnovnih sirovina (pirit, molibden, selen, a u poslednje vreme i zlato i srebro);
- energetska „kriza“ doveća je industriju bakra, kao i mnoge druge, u položaj trošenja skupe energije;
- povećale su se i cene repro materijala i radne snage;
- pooštreni su kriterijumi zaštite radne i prirodne sredine.

Svi navedeni činioci doveli su industriju bakra u vrlo nepovoljnu ekonomsku situaciju kako u nacionalnim, tako i u svetskim okvirima. Kako izaći iz ove situacije? Koje mere dovode do rešavanja problema proizvodnje bakra ili doprinose ublažavanju posledica delovanja navedenih činilaca? Ovim problemima se u mnogim zemljama veoma sistematski bave brojne institucije i timovi stručnjaka. Zbog svoje sistematicnosti, širine obuhvaćenih izvora podataka i mišljenja, kao i korišćenih principa i metoda obrade i prikaza podataka mislimo da najveću pažnju stručne javnosti zaslužuje procena koja je proistekla iz višegodišnje studije koja je obavljena u SAD (1; 2). Naime, Bureau of Mines je angažovao poznatu instituciju u SAD – Minerals Systems Inc, iz Stamforda da sistematski ispita merodavno stručno mnjenje o mogućnostima i pravcima tehn.-ekonomskog razvoja i unapređenja proizvodnje bakra u cilju obezbeđenja što povoljnijih tehnoloških, ekoloških i ekonomskih uslova rada. Ova procena je obuhvatila naredni period od 25 godina (zaključno sa 2005. godinom).

##### Metodologija procenjivanja perspektivnosti unapređenja tehnologija u proizvodnji bakra

Da bi se došlo do saglasnog predviđanja većine o mogućnostima unapređenja u industriji bakra, neophodno je bilo da se razradi metoda za prikupljanje subjektivnih mišljenja eksperata. To je obavljeno preko panel diskusija za svaku oblast aktivnosti u proizvodnom lancu industrije bakra, a korišćene su i telefonska anketiranja. Uz obavljeni analizu literaturnog ispitivanja, navedene panel diskusije i intervjuja samo procenjivanje je vršeno korišćenjem metode direktne verovatnoće. Koristeći ovu metodu eksperți su upućeni da u kvantitativnom obliku izraze svoj sud o svakom unapređenju za dati vremenski okvir.

##### Identifikacija i selekcija tehnologija koje mogu da se unaprede

Polazni spisak tehnologija, koje će dovesti do određenih unapređenja u industriji bakra, izabrao je tim stručnika koji je studiju obrađivao. Pri sastavljanju ovog spiska pošlo se od sledeća dva izvora:

- znanja, iskustva i ekspertize samog studijskog tima i
- pregleda merodavne tehničke literature.

Polazni spisak je dat u tablici 1. Iz spiska od 47 potencijalnih tehnologija deset je šire stručno mnjenje izdvojilo za detaljno procenjivanje. U tablici 2 dat je spisak od 35 tehnologija koje su bile identifikovane na bazi prve serije procenjivanja. Iz ovog spiska je izdvojeno dvanaest tehnologija, koje su u drugom krugu podvrgnute detaljnijem procenjivanju.

Kriterijumi, primjenjeni za krajnju selekciju tehnologija i njihovo detaljno procenjivanje, su sledeći:

- očekivani doprinos svake tehnologije u snabdevanju potrošača bakrom mora da bude značajan. Pod snabdevanjem bakrom se podrazumeva doprinos tehnologije, da snizi proizvodne troškove ili omogući povećanje rezervi bakra

- tehnologije bi morale da budu na različitim stepenima razvoja i
- selekcija tehnologija je obavljena za svaku od važnijih proizvodnih ciklusa kao što su: prospekcija, eksploracija, priprema, topljenje i dr.

Za svaku od izdvojenih tehnologija obavljeno je prvo deskriptivno razmatranje radi sagledavanja njene osnovne funkcionalnosti, tehničke prednosti i stepena razvijenosti.

#### Spisak potencijalnih tehnologija u industriji bakra koja je identifikovao studijski tim

Tablica 1

<b>Prospekcija ležišta:</b>	Elektrorafinacija vazdušnom agitacijom pri visokim gustinama struje Serije elektrorafinacije pri visokim gustinama struje Smanjenje dimenzija zgrada elektrolize Elektro–oksidacioni proces Redukcija bakra iz ekstrakcionog reagensa bez reekstrakcije i elektrolize Proizvodnja bakra neposredno iz rastvora
* LANDSAT MULTISPEKTRALNI SKANER – Satelitska prospekcija Kompjuterska analiza rezultata satelitske i avionske prosppekcijske	Prerada otpadnog bakra Cryogenic–metode Selektivno luženje bakra Vazdušna separacija Kontinualno topanje sekundarnog bakra „Bisra“ sprejna rafinacija
* Geofizička i geochemijska tehnika za duboko razmeštena ležišta	* Izdvojeni za detaljno razmatranje u prvom krugu procenjivanja.
<b>Rudarstvo</b>	<b>Potencijalne tehnologije u industriji bakra, identifikovane u panel diskusijama eksperata</b>
* Kontinualni sistem transporta trakama Rudarenje putem luženja „na mestu“ Rudarenje uz nuklearnu eksploziju Rudarenje preko jezgrovanja bušenjem Injektiranje vazduha i druge unapređene metode za povećanje iskorišćenja bakra pri luženju „na mestu“ Laserska tehnika bušenja	Tablica 2
<b>Priprema ruda</b>	<b>Istraživanje ležišta</b>
Autogeno i polautogeno mlevenje * Cementacija u pülpí Luženje odlagališta i na gomili radi boljeg iskorišćenja bakra * Kompjuterska kontrola ciklusa usitnjavanja i flotiranja Kontrola hemijskog zagadjivanja u flotacijama Flotacija oksidnih minerala Visokomagnetna separacija Recirkulacija reagenasa Mlevenje i flotacija šljake	* Integracija multidisciplinarnih podataka * Geološki modeli Poboljšanje primene sistema vazdušnog osmatranja Poboljšanje tehnike i metoda bušenja Oblasti primene kompjutera i kompjuterskih metoda Kompjuterska analiza satelitskih i avio ispitivanja
<b>Topljenje</b>	<b>Rudarstvo</b>
* Kontinualno topanje i konvertovanje Rotirajući konvertor sa duvanjem na gornjoj strani Korišćenje snage iz sistema topanja Nitril–proces pružanja * Hidrometalurški procesi Solvent ekstrakcija Cyprus–proces Sheritt–Cominco proces Unapređenje iskorišćenja nusprodukata Uklanjanje Bi, Pb, As, i S i njihovo iskorišćenje Vatrostalni materijal i povećanje veka trajanja Kontrola SO <sub>2</sub> gasova Topljenje u Amax plamenim pećima aglomeriranog prženca	Tehnike laserskog bušenja Kontinualna automatizovana proizvodna osmatranja i kontrola Unapređeno luženje odlagališta (injektiranje kiseonika i vazduha) Rudarenje uz nuklearni eksploziv Rudarenje pomoću bušotina (muljno rudarenje)
<b>Rafinacija</b>	<b>Priprema ruda</b>
* Elektro–muljni proces * Fluosolidna elektrorafinacija Gasna rafinacija istopljenog bakra Automatizacija operacija konvencionalne rafinacije Elektroliza rastvorenih soli	* Autogeno i polautogeno mlevenje Flotacija oksidnih minerala Unapređenje tehnike luženja odlagališta i na gomili * Selektivnost procesa pripreme Poboljšanje tehnike klasifikacije Visokointenzivna magnetna separacija Usitnjavanje i flotacija šljaka Recirkulacija reagenasa
<b>Topljenje</b>	<b>Topljenje</b>
* Jonska razmena solvent – ekstrakcijom CLEAR – proces (hidrometalurgija) Vatrostalni materijal – produžetak vremena trajanja Unapređenje iskorišćenja plamenitih metala Kogeneracija energije iz topionica (koristenje otpadne energije) Unapređenje sistema za koristenje nusprodukata Topljenje u Amax–plamenim pećima	Kontrola gasova

## Nastavak tablice 2

<b>Rafinacija</b>	Smanjenje voltažnih ćelija injektiranjem SO <sub>2</sub> ili primenom anoda od plamenitih metala
* Automatizacija elektro-rafinacije (faza procesa u elektrolizi)	Periodična strujna reverzija
<b>Prerada otpadnog bakra</b>	
* Kriogenici (Criogenies)	
* Komadanje	
* Eddi struje	
* Granulacija (pulverizacija)	
* Izdvojeni za detaljno razmatranje u drugom krugu procenjivanja	

Ovi podaci, zajedno sa tehnološkim šemama, uneti su u upitnik koji je stavljen ekspertima na uvid. Osim toga, za svaku tehnologiju sagledavani su i „kriticni događaji“. Ova sagledavanja su osvjetljavala glavne tehnološke probleme koje je neizbežno rešiti pre nego što tehnologija postane komercijalno spremna za korišćenje u praksi.

**Panel diskusija za procenu potencijalnosti primene tehnoloških unapređenja**

Procena verovatnoće primene određenog tehnološkog unapređenja u praksi ostvarena je u toku tzv. panel diskusije. U periodu razmatranja i prikupljanja mišljenja, ove diskusije su organizovane u više značajnih centara za proizvodnju i preradu bakra. U diskusijama je učestvovalo više od 60 eksperata iz različitih faza proizvodnje.

Pošto su prethodno učesnici u diskusiji upoznati sa suština i načinom korišćenja metode procenjivanja, oni su, nakon usmene diskusije, pismeno prikazali svoja mišljenja u vezi sa perspektivom unapređenja i primene određene tehnologije.

Prikazi tehnologija putem panela sa neophodnim podacima olakšavali su samu procenu.

Pored ovako sakupljenih mišljenja, radi rasvetljavanja važnijih aspekata panel diskusije, a posebno radi ocene

dodata tehnologije koja je u toku diskusije istaknuta, obavljeni su i telefonski intervjuvi sa određenim ekspertima.

**Osnove procenjivanja**

U toku procene postalo je jasno da će sigurnost rada (ekološki uslovi) predstavljati najvažnijeg činioca u primeni tehnologije u industriji bakra. Zbog toga su sve tehnologije bile procenjivane prema sledećim graničnim faktorima:

- veoma sigurni radni uslovi za razvoj i primenu tehnologije (optimistička prognoza)
- loši radni uslovi kod primene određene tehnologije (pesimistička prognoza).

Za svaku procenu su usvojeni i razvrstani propisi i kontrole, koji regulišu bezbednost na radu i zagađenje okoline, tržište i organizacione faktore proizvodnje.

Druga veoma važna činjenica, koja će imati uticaja na spremnost firmi da realizuju unapređenja u tehnologiji proizvodnje, je bez sumnje potreba za bakrom. U optimističkoj prognozi ističe se povećanje potreba u bakru za 3% godišnje. Pesimistička procena tvrdi, da će potreba za bakrom biti snažena. Sniženje će godišnje da se kreće oko 2%.

**Kritični događaji**

Veoma značajan doprinos panel diskusije je ukazivanje i isticanje određenih kritičnih događaja koji uslovjavaju komercijalnu vrednost svake tehnologije. Drugim rečima, kritični događaji potenciraju one aktivnosti koje treba da se ostvare pre nego što bi tehnologija mogla da dobije svoju komercijalnu vrednost primene u praksi.

Svaki od istaknutih kritičnih događaja je posebno razmotren da bi se utvrdila pouzdanost i vreme odigravanja u periodu od narednih 25 godina. Kao što je, dalje, diskutovana brzina merenja primene inoviranih tehnologija, tako su i kritični događaji razmatrani korišćenjem metode procene putem direktnе ili neposredne verovatnoće.

**Procena brzine širenja kontinualnog topljenja u SAD usaglašena metodom neposredne verovatnoće\***

Tablica 3

Opseg brzine Širenja (kt bakra)	1980–1985.	1985–1990.	1990–1995.	1995–2000.	2000–2005.
0–100	0,25 (0,25)	0,25 (0,25)	0,22 (0,22)	0,18 (0,18)	0,18 (0,18)
100–500	0,45 (0,70)	0,39 (0,64)	0,24 (0,46)	0,18 (0,36)	0,16 (0,34)
500–1000	0,14 (0,84)	0,18 (0,82)	0,22 (0,68)	0,24 (0,60)	0,12 (0,46)
1000–2000	0,10 (0,94)	0,10 (0,92)	0,18 (0,86)	0,22 (0,82)	0,18 (0,64)
≥2500	0,06 (1,00)	0,08 (1,00)	0,14 (1,00)	0,18 (1,00)	0,36 (1,00)

\*Optimistička procena

Napomena: Distribucija kumulativne verovatnoće data je u zagradi

**Predviđanja o brzini primene novih tehnologija**

Rezultat panel diskusija omogućio je da se kao najperspektivnije izdvoje 19 tehnologija koje su dalje bile podvrgnute procenjivanju u pogledu brzine njihovog širenja, odnosno primene u praksi i industrije bakra.

Prognoze brzine širenja (uvođenja) u praksi novih tehnologija predstavljaju jednoglasan stav većine eksperata. Ona je iskazana u godišnjoj tonaži bakra metala koja će se proizvoditi korišćenjem razmatranih tehnologija. Predviđena su sređivanja prema optimističkoj i pesimističkoj

proceni i sračunata za dva nivoa ukupne verovatnoće: 50%-noj i 75%-noj. Kao primer korišćenja ovog principa procenjivanja metodom neposredne verovatnoće, u tablici 3 je prikazana jednoglasno usaglašena procena brzine širenja kontinualnog topljenja u SAD za petogodišnje periode i ukupni period vremena od 1980. do 2005. godine. Prikazani rezultati odražavaju optimističku procenu.

Treba istaći da je zbir parcijalnih verovatnoća za date opsege brzina širenja tehnologije i odgovarajući period vremena jednak jedinici.

\* \* \*

**II – Tehnološka predviđanja****Opšti osvrt**

Da bi održala svoje tehn.-ekonomske pozicije industrija bakra je primorana da se u narednim godinama menja u smislu unapređenja postojećih i uvođenja novih tehnologija. Obavljena razmatranja i procenjivanja, istakla su perspektivne tehnologije u oblasti prospexije, rудarstva, pripreme rude, topljenja, rafinacije i prerade otpadnog bakra, koje će u narednih 25 godina doživeti svoj razvoj i primenu.

Perspektivnost primene svake od razmatranih i procenjivanih tehnologija, merena je brzinom širenja svake od njih u praksi proizvodnje bakra. Pod brzinom širenja primene svake tehnologije podrazumeva se količina bakra koja se očekuje da se u datom intervalu vremena proizvede godišnje primenom razmatrane tehnologije.

U tablici 1 je zbirno prikazana procena brzine širenja primene u praksi 19 inovacionih tehnologija za proizvodnju bakra. Procena je izvedena prema optimističkom i pesimističkom predviđanju i sa ukupnom verovatnoćom od 50% i 75%. U proceni svake tehnologije istaknuti su i kritični događaji koji uslovjavaju komercijalnu vrednost svake ili većine procenjivanih tehnologija.

**Kraći komentar i prikaz perspektivno-inovirajućih tehnologija****Prospekcija**

Prospekcija obuhvata sve aktivnosti u istraživanju i otkrivanju novih mineralnih ležišta, a predviđa i neophodna razmatranja radi sagledavanja veličine ležišta, polazne tehnološke šeme i godišnjeg kapaciteta proizvodnje rude

**Zbirni prikaz brzine širenja 19 procenjivanih tehnologija u industriji bakra SAD za period 1980–2005. godine  
(u 100 t godišnje)\***

Tablica 1

Tehnologija	Kumulativna verovatnoća %	Prognoza	Period vremena				
			1980–85.	1985–90.	1990–95.	1995–2000.	2000–2005.
<b>PROSPEKCIJA</b>							
Geološki modeli	50	OPT	150	250	650	1.350	2.500
	50	PES	75	200	200	400	500
	75	OPT	50	200	450	750	1.000
	75	PES	50	100	150	200	250
Intergracija multidisciplinarnih grupa podataka	50	OPT	50	350	800	1.000	2.000
	50	PES	50	250	250	350	750
	75	OPT	50	50	400	500	800
	75	PES	50	50	100	150	175
Multispektralno satelitsko-istraživanje (LANDSAT)	50	OPT	175	225	475	675	750
	50	PES	20	30	125	150	200
	75	OPT	60	70	140	200	250
	75	PES	0	0	45	55	55

\* The Bureau of Mines danas predviđa da će ukupna godišnja proizvodnja bakra u SAD iznositi 1990. godine – 2.000.000 t, a 2000. godine – 2.900.000 t

OPT – optimistička prognoza

PES – pesimistička prognoza

## Nastavak tablice 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Hidro-geochemijske metode	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	70 30 25 15	80 45 40 20	160 55 60 20	225 60 70 20	250 70 70 25
<b>RUDARSTVO</b>							
Površinski transport trakama	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	260 180 175 125	500 250 240 150	725 275 275 150	975 275 350 150	1.150 325 425 175
Automatizovana proiz. daljinsko osmatranje i kontrola	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	450 400 200 100	650 400 250 100	900 450 450 100	1.500 700 650 200	2.500 1.000 650 300
Luženje „na mestu“	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	60 40 40 25	120 45 50 30	200 105 65 35	300 115 75 40	400 175 125 50
<b>PRIPREMA I KONCENTRACIJA RUDE</b>							
Autogeno i poluautogeno mlevenje	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	250 250 225 50	450 350 300 50	800 500 450 225	2.000 700 800 300	2.500 800 1.000 350
Automatizovani proces postrojenja za pripremu i koncentraciju	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	425 350 125 100	575 425 300 150	900 450 500 200	1.300 550 700 240	1.700 575 1.050 250
Poboljšana selektivnost procesa PMS	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	100 100 50 50	200 200 100 50	450 250 450 75	600 350 600 100	1.000 600 1.000 125
Taloženje bakra u pulpi	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	125 125 75 75	125 125 75 75	125 125 75 75	125 125 75 75	125 125 75 75
<b>TOPLJENJE</b>							
Kontinualno topljenje i konvertovanje	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	275 275 145 65	325 375 200 90	600 410 200 100	750 525 275 210	1.400 525 275 210
Fleš-topljenje (plamena peć)	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	375 375 175 175	825 575 550 375	1.000 675 675 400	1.400 700 875 400	1.550 725 900 400
Hidrometalurški postupci prerade (sulfidne rude)	50 50 75 75	OPT PES OPT PES	100 100 80 75	200 140 100 90	300 330 175 110	525 420 275 125	540 510 275 210

Nastavak tablice 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Tečna ekstrakcija	50	OPT	200	225	225	350	500
elektroliza	50	PES	200	225	225	275	300
	75	OPT	50	150	150	175	250
	75	PES	15	40	40	40	40
<b>RAFINACIJA</b>							
Automatizacija ciklusa	50	OPT	225	250	400	700	1.000
rafinacije	50	PES	225	250	250	400	700
	75	OPT	15	100	200	200	250
	75	PES	10	25	40	40	55
Periodične reverzne	50	OPT	250	300	400	400	600
struje	50	PES	250	250	300	400	400
	75	OPT	15	200	200	200	200
	75	PES	15	40	40	40	40
Fluosolidni elektrodni	50	OPT	125	125	125	125	125
proces	50	PES	10	0	100	100	100
	75	OPT	75	75	75	75	75
	75	PES	0	0	75	75	75
Elektro-muljni proces	50	OPT	125	125	125	125	125
	50	PES	0	0	0	100	100
	75	OPT	75	75	75	75	75
	75	PES	0	0	0	75	75

potencijalnog rudnika. Od svih šest razmatranih faza proizvodnje bakra najširu izmenu po svemu će imati prospekcija. Panel diskusija u vezi unapređenja prospekcije je konstatovala da kompjuterski „softwar“ i unapređenja sofističke analitičke tehnike mogu revolucionarno da izmene interpretaciju podataka geoloških, geochemijskih i geofizičkih istraživanja.

Prognoza ukazuje da će se u narednih 25 godina unapređenje tehnologije prospekcije odraziti u efikasnijoj analizi i tumačenju podataka o ležištu, a manje u razvoju tehnologija za prikupljanje novih podataka. Razmatranja u vezi razvoja prospekcije su dalje pokazala, da bi unapređeni geološki modeli mogli da dovedu do boljeg razumevanja geneze bakra, a takođe i geneze drugih mineralnih ležišta. Modeli bi, takođe, doprineli boljem razumevanju ogromnog broja podataka sakupljenih u fazi prospekcije, doveli bi do pouzdanijeg predviđanja lokacije ležišta i utvrđivanja parametara vezanih za rudno telo. Razmatranja su pokazala veliku mogućnost da se u tehnologiji prospekcije do 2005. godine uspešno koriste unapređeni geološki modeli zajedno sa automatizovanom interpretacijom multidisciplinarno sakupljenih podataka istraživanja ležišta.

Procenjivana su dva „prikupljanja podataka“ prospekcijskih tehnologija. Razmatranja su pokazala da će se multispektralno satelitsko istraživanje (tzv. LANDSAT) verovatno najčešće primenjivati.

LANDSAT je osetljiva daljinska tehnika prospekcije, koja se obavlja pomoću satelita, a koja obezbeđuje sistematsko i relativno detaljno istraživanje velikih površina zemlje. Ovaj sistem koristi višespektralni skaner sa pisačem koji registruje emitovanje i refleksiju vizuelnih

osmatranja—snimanja i ultracrvene radijacije sa površine zemlje i iz atmosfere. Iako se na bazi vodene diskusije u vezi prospekcije ne može zaključiti da će satelitsko istraživanje dati isti doprinos prospekciji kao i druge dve razmatrane „analitičke“ tehnologije, ipak je u toku razmatranja istaknuta optimistička prognoza da će do 2005. godine satelitska prospekcija u SAD doprineti godišnjem otkrivanju novih 750.000 t bakra.

Hidrogeohemijske metode su, takođe, razmatrane i procenjivane. Ove su metode zasnovane na činjenici da je u podzemnim vodama, u blizini mineralnog ležišta, povećana koncentracija bakra i drugih elemenata. Međutim, sudeći po panel diskusiji, od ove se tehnologije ne očekuje doprinos u otkrivanju znatnih količina bakra. U najboljem slučaju, hidro-geohemijske metode će, verovatno, da se razviju u oblasti pomoćnih prospektičkih postupaka.

#### Eksplotacija ruda – rudarstvo

Da bi održala svoj podnošljiv ekonomski položaj industrija bakra još niz godina mora da se oslanja na tehnologiju otkopavanja rude površinskim otkopavanjem. I pored vrlo niskog sadržaja bakra u rudi i višoke cene radne snage, najnovija studija Bureau of Mines je pokazala da je prosečna cena otkopavanja rude u SAD 73 c/kg elektrolitnog bakra što je jednako sa prosekom cene ostalih proizvođača bakra u svetu. Struktura proizvodne cene bakra po osnovnim proizvodnim fazama prikazana je u tablici 2. Međutim, ukupna proizvodna cena bakra u SAD je za 59 c/kg veća od proizvodne cene elektrolitnog bakra ostalih svetskih proizvođača.

**Procena proizvodnih troškova za rudnike bakra\***  
 (januar 1983. godine dolara po kilogramu elektrolitnog bakra)\*\*

Tablica 2

	SAD	Ostale zemlje	Sve zemlje skupa
Otkopavanje rude \$	1,03	1,06	1,05
Priprema i koncentracija	1,06	0,71	0,76
Topljenje i rafinacija	1,10	0,77	0,83
Ostali troškovi	0,16	0,22	0,19
Ukupna proizvodna cena	3,35	2,76	2,83

\* Isključen porez i kreditne olakšice za nusprodukte  
 Izvor podataka:

Rozenkranz R.D., Boyle E.H.Jr., and Porter K.E., 1983: Copper Availability — Market Economy Countries. — Bureau od Mines IC 8930.

\*\* Podaci iz januara 1981. godine preračunati za 1983. god. na bazi prosečnih godišnjih informacija: za SAD 8,5%, za ostale zemlje zapada — 10%.

Razmatranja eksperata ukazuju, da će se u oblasti eksploatacije rude bakra buduća tehnološka unapređenja pretežno iskazivati u intenzivnoj modernizaciji i razvoju postojeće opreme i sistema. Verovatno da će se većina izmena u toku preostalog dela dekada ispoljiti u povećanoj primeni kontinualnih rudarskih sistema kao što su pokretnе drobilice i transport trakama. Za duže vreme očekuje se umereno povećanje u primeni luženja rude „na mestu“. Svojim prognozama eksperți su dalje zaključili, da će se u narednom periodu u rudarstvu bakra široko koristiti daljinska kontrola i upravljanje, a u cilju obezbeđenja automatizovanog sistema eksploatacije rude tzv. APMS—sistemi (Automatic production—monitoring and control system). U ovim sistemima će senzorski relj za kretanje transportnih uređaja (vagoni, kamioni, trake) signalizirati kompjuteru, osposobljenom da proizvodne sisteme osmatra i reguliše na bazi realnih vremena. Ovi sistemi će omogućiti rukovodstvu rudnika da optimizira sistem utevara i transporta rude i da optimalno odabere puteve transporta. Prema prognozi eksperata, u SAD će ovi sistemi dobiti punu primenu u toku 2005. godine. Stručnjaci dalje ističu da brzina širenja sistema transporta trakama može da bude ograničavajući faktor primene APMS—sistema.

Pošto su površinski otkopi sve dublji, a udaljenost između rudnika i postrojenja za pripremu rude veća, raste značaj transporta rude površinskim transportnim trakama. Prema vođenoj diskusiji u SAD u skoroj budućnosti doći će do pojačanog korišćenja kontinualnog transporta rude na rudnicima. Restriktivni faktori biće položaj i konture kopa, dok će svi ostali faktori favorizovati primenu ovih transportnih sistema. Prognoza je da će polovina proizvodnje rude u SAD biti obuhvaćena kontinualnim sistemom transporta već početkom sledećeg veka.

Treća buduća rudarska tehnologija, koju su eksperți procenjivali, je luženje bakra „na mestu“. Ovaj postupak predviđa ekstrakciju bakra bez otkopavanja rude, sa ili bez njenog rastresanja. Uvođenje ovog sistema predstavljaće

narušavanje konvencionalnih rudarskih metoda. U ovom rudarskom sistemu rastvor, koji treba da iz rude rastvoriti bakar, utiskuje se u rudno telo. Bogati rastvor se sakuplja u odgovarajuće rezervoare i tretira radi izdvajanja metala. Siromašni rastvori vraćaju se nazad u ciklus rastvaranja. I pored mišljenja dela eksperata da postoje određeni tehnički problemi koji mogu da spreče široku primenu postupka luženja „na mestu“, preovladala je jedinstvenost mišljenja da će ova tehnologija početkom sledećeg veka imati značajnog udelu u snabdevanju sveta bakrom.

#### Priprema i koncentracija

Procesi pripreme i koncentracije su važna tehnološko—ekonomski faza koja omogućava ukupnu, ekonomski podnošljivu, eksploataciju bakra iz siromašnih ruda. U ovoj fazi proizvodnje bakra koriste se različiti fizičko—heminski procesi, razrađeni u cilju izdvajanja čestica korisnih minerala iz rude. Kao i kod eksploatacije rude, u diskusiji i mišljenjima eksperata je zaključeno da će se u narednom periodu unapređenja procesa pripreme i koncentracije da kreću u sferi intenzivne modernizacije postojećih postupaka.

Od svih razmatranih i ocenjivanih tehnologija za pripremu rude bakra, autogeno i polauautogeno mlevenje su istaknuti kao najpodbijni i najpovoljniji za opštu primenu u periodu od narednih 25 godina.

U ovim postupcima mlevenja, dinamičkim udarima svojih padajućih i kotrljajućih komada, ruda se usitnjava sama. Ovim se smanjuje (polauautogeno) ili potpuno isključuje (autogeno) korišćenje sredstava za mlevenje — šipke ili kugle. Autogeno i polauautogeno mlevenje isključuje potrebu sekundarnog i terciernog drobljenja rude, a time obezbeđuje ekonomičnije korišćenje električne energije. Prema prognozi, koja je proistekla iz panel diskusije eksperata, očekuje se da u SAD u 2005. godini, autogeno i polauautogeno mlevenje postanu standardna praksa u postrojenjima za pripremu i koncentraciju ruda bakra.

U istoj diskusiji je konstatovano da najnovija dostignuća u asortimanu proizvodnje opreme za automatsku kontrolu i regulaciju procesa pripreme rude, a posebno niska cena mikrokompjutera, omogućavaju postrojenjima za pripremu i koncentraciju da se intenzivnije kreću u pravcu automatske kontrole i regulacije svojih procesa. Veliki broj senzora stoji na rapsolaganju za merenje glavnih procesnih promenljivih parametara u ciklusima drobljenja, sejanja, mlevenja i flotiranja. Obaveštenja koja se detektuju ovim senzorima omogućuju pogonskom osobljiju da proces stalno vodi uz maksimalne rezultate, što obezbeđuje maksimum iskoriscenja metala pri najpovoljnijim kvalitetima koncentrata. Eksperti predviđaju da će procesi pripreme rude sa punom automatikom kontrole i regulacije u 2005. godini davati dve trećine američke proizvodnje bakra.

Diskusija eksperata je ukazala da u narednom periodu treba očekivati koristi od:

- poboljšanja delovanja flotacionih reagenasa kolektora i deprimatora i
- unapređenja u ciklusima mlevenja i klasiiranja.

Ova unapređenja doprineće podizanju selektiviteta u postupcima obogaćivanja što će, dalje, za rezultat imati

povećanje kvaliteta koncentrata uz isto ili veće iskorišćenje metala. Prema optimističkoj prognozi i pri 75%-noj kumulativnoj verovatnoći, u 1990. godini navedena unapređenja će se koristiti u praksi SAD. Nasuprot ovome, pesimistička prognoza ne predviđa znatnije izmene u postojećem kvalitetu kolektora u mlevenju i klasiranju.

### *Topljenje*

U toku poslednje dekade, povećana briga za zaštitu okoline, porast cene energije i pojačana tržišna konkurenčija stimulisali su izučavanje mogućnosti povećanja efikasnosti proizvodnog rada postojećih procesa topljenja. Razmatranja i procenjivanja posvećena su već pomenutim potencijalnim alternativama u odnosu na konvencionalnu reverber-peć. Od tri tehnologije, u narednih 25 godina, prognoza je da će Flesh–topljenje (topljenje u plamenoj peći) doživeti najširu primenu i unapređenje.

Flesh–topljenje koristi topotlu koja se stvara egzoternom reakcijom gvožđa i sagorevanja sumpora i po tome je postupak energetski efikasan. U svetu su, od 1970. godine, na bazi ovog procesa izgrađene dve trećine topionica, a pri tome su redovno razmatrani i konvencionalni procesi topljenja.

Eksperti prognoziraju da će ovim procesom u 2005. godini SAD proizvoditi od 700.000 t do 1.450.000 t bakra godišnje. Sama činjenica da nekoliko postojećih topionica u SAD za sledeću generaciju topionica razmatra alternativno projektovanje ide u prilog ovog predviđanja.

Prognoze su manje optimističke u pogledu razvijenijeg i efikasnijeg, ali manje dokazanog, procesa kontinualnog topljenja. U ovom procesu su uloge tradicionalne reverber-peći i konvertora objedinjene u jednostavnom reaktoru. Pored određenog pesimizma, eksperti ističu da će se kontinualno topljenje u 2005. godini koristiti u tri do četiri američke topionice bakra.

Procena eksperata je bila manje optimistička u pogledu brzine širenja hidrometalurških metoda za preradu sulfidnih ruda. Ovo je, po značaju, bila treća najčešće pominjana alternativa u odnosu na postojeću topioničku praksu (tablica 1). Hidrometalurški procesi su zasnovani na rastvaranju koncentrata bakra kiselinama; nakon rastvaranja, bakar se iz rastvora izdvaja hemikalijama ili elektrohemimskim reakcijama. Iako je primena hidrometalurške tehnike u tretiraju oksidnih ruda bakra dobro poznata, na dominantnim sulfidnim rudama brojne tehničke i tehnološke prepreke su sprečavale širu primenu ove tehnike. Utoliko pre deluje kao iznenadenje da pri 50%-noj kumulativnoj verovatnoći postoje predviđanja da će se skoro 500.000 t bakra godišnje dobijati u 2005. godini od korišćenja ovih procesa. Pri daleko pouzdanoj 75%-noj verovatnoći u 2005. godini od primene hidrometalurških procesa očekuje se godišnje svega 250.000 t bakra.

Ekstrakcija bakra luženjem oksida ili oksidno-sulfidnog luženja odlagališta danas u SAD obezbeđuje 20% od ukupne proizvodnje bakra.

U poslednjih nekoliko godina postupak tečne ekstrakcije–elektroliza za proizvodnju bakra iz lužnih rastvora – u minogim rudnicima je zamjenio klasičan postupak

taloženja bakra (cementaciju) na otpadnom gvožđu. Prema panel prognozi eksperata, u narednih 25 godina treba očekivati sporo širenje postupaka SEX–elektroliza. Po optimističkoj prognozi, pri 50%-noj verovatnoći, u 2005. godini ovim postupkom biće godišnje proizvedeno 500.000 t bakra. Pesimistička prognoza, za istu godinu, predviđa samo proizvodnju od oko 245.000 t bakra godišnje.

### *Rafinacija*

Blister–bakar, proizведен u skoro svim procesima topljenja, a takođe i u nekim hidrometalurškim postupcima, sadrži u sebi nedozvoljene količine nečistoća. Osim toga, blister–bakar u sebi nosi i mnoge vredne supstance kao što su: zlato, srebro, platina, renijum, selen i dr. Zbog toga, se pre prodaje, blister–bakar mora da prečisti elektroličkim postupkom.

Prečišćavanje bakra nije razmatrano kao prioritetsna oblast u čije inoviranje u narednom periodu treba investirati. Rezultat ovoga je zaključak, da se u domenu prečišćavanja bakra kao osnovno tehnološko unapređenje, može očekivati postupno automatizovanje različitih operacija ovog procesa. Kao što se iz tablice 1 vidi, optimistička prognoza, pri 50%-noj verovatnoći, predviđa u 2005. godini primenu visokoautomatizovanog postupka prečišćavanja u proizvodnji do 1.000.000 t bakra godišnje. Pesimistička prognoza smatra da se veća proizvodnja od 700.000 t bakra godišnje ne može očekivati.

Druga tehnološka inovacija, koja je procenom eksperata bila obuhvaćena, je postupak prečišćavanja bakra korišćenjem tzv. periodičnog strujnog ispravljanja, PCR–procesa (PCR–periodic current reversal). PCR–proses koristi ispravljački polariter u elektroličkoj ćeliji za kratki period vremena. Blagodareći ovome, sistem može da radi sa povećanim amperažnim opterećenjem. Rezultat je povećani kapacitet prečišćavanja bakra. Međutim, u pogledu komercijalne primenljivosti ove inovacije, ekspertri nisu baš optimisti, s obzirom na ostvareni kvalitet bakra. Čak i pri 50%-noj verovatnoći optimističke prognoze u 2005. godini očekuje se, primenom PCR–procesa, proizvodnja bakra nešto iznad 600.000 t godišnje.

### *Prerada otpadnog bakra*

U 1981. godini u Americi je ponovo prerađeno oko 55% od ukupnog otpadnog bakra. U istoj godini od ukupno utrošenog bakra u SAD jednu petinu je činio stari otpadni bakar, dok je jedna trećina bila isporučena industriji kao novi otpadak. S obzirom na prilične troškove ponovne prerade otpadnog bakra, industrija bakra je želela da obezbedi novu tehnologiju koja bi omogućila sniženje cene prerade bakra.

Ocenjivane su četiri inovacione tehnologije za ponovnu preradu otpadnog bakra. To su:

- metoda za kriogeničnu preradu
- postupak vrtložnih struja
- postupak komadanja – kidanja i
- granulisanje – pulverzacija.

Opšti je zaključak, da se u domenu inoviranja tehnologije prerade otpadnog bakra malo što može da očekuje sve dok se sirovina nudi po sadašnjim visokim cenama. Već kod cene otpadnog bakra od 1,75 \$/kg nova tehnologija za preradu bi bila neekonomična.

Metode za kriogeničnu preradu predviđaju izlaganje čitavog otpadnog materijala dejstvu veoma niskih temperatura pri čemu metalične komponente zadržavaju svoju kovnost (elastičnost), dok druge, prateće komponente, redovno nepoželjne, postaju kruče. Ovaj se fenomen, u stvari, koristi za izdvajanje korisnih od nepoželjnih komponenti u otpatku. Eksperti za preradu otpadnog bakra predviđaju, ukoliko bi se obezbedio povoljan nivo cene otpadaka, da bi se korišćenjem kriogeničnih ostupaka moglo godišnje da proizvede i do 50.000 t bakra.

Eksperti dalje predviđaju, da će se druga inovirajuća tehnologija, vrtložne struje (Eddy current) moći da koristi za preradu daljih 30.000 t otpadnog bakra godišnje. Ova tehnologija koristi električnu struju da u određenim materijalima stvori antimagnetsku silu kao osnovu za izdvajanje bakra i određenih drugih obojenih metala.

Putem komadanja—kidanja određenih metaličnih otpadaka, kao što su kondenzacione cevi ili radijatori, mogu da se od metala odvoje nečistoće (premazi, inkrustacija i sl.). Ovim putem se stvaraju uslovi za odvajanje daleko čistijih metala od pratećih nečistoća. Međutim, u pogledu potencijalnosti korišćenja ovog postupka mišljenja eksperala su jako podeljena. Predviđanja u pogledu brzine širenja primene ove tehnologije pri ponovnoj preradi otpadnog bakra varirala su u jako širokim granicama i kretala su se od 1% do 33% od čitavog otpadnog bakra.

Analiza troškova i dobiti inovirajućih tehnologija

Tablica 3

Tehnologija	Kumulativna verovatnoća %	Prognoze	Ukupna dobit (D)	Ukupni troškovi (T) (millijarde \$)	Odnosi:	
					T/D	D/T
<b>RUDARSTVO</b>						
Rastvaranje „na mestu“	50	OPT.	6,2	9,1	1,5	0,7
	50	PES	2,8	4,2	1,5	0,7
	75	OPT	2,1	3,1	1,5	0,7
	75	PES	1,0	1,4	1,4	0,7
<b>PRIPREMA I KONCENTRACIJA</b>						
Poluautogeno mlevenje	50	OPT	34,7	3,9	0,1	9,0
	50	PES	15,4	1,4	0,1	11,0
	75	OPT	16,0	1,6	0,1	10,3
	75	PES	5,6	0,6	0,1	10,1
<b>TOPLJENJE</b>						
Kontinualno topljenje i konvertovanje	50	OPT	15,9	9,0	0,6	1,7
	50	PES	10,0	5,3	0,5	1,9
	75	OPT	5,1	3,1	0,6	1,7
	75	PES	NA	NA	NA	NA
<b>Hidrometalurški postupci proizvodnje (sulfidne rude)</b>						
	50	OPT	7,9	6,2	0,8	1,3
	50	PES	7,1	5,8	0,8	1,2
	75	OPT	4,3	3,6	0,8	1,2
	75	PES	2,9	2,7	0,9	1,1
<b>Tečna ekstrakcija —elektroliza</b>						
	50	OPT	1,5	6,8	4,6	0,2
	50	PES	1,3	6,1	4,6	0,2
	75	OPT	0,9	2,9	3,2	0,3
	75	PES	0,8	3,8	4,6	0,2
<b>RAFINACIJA</b>						
Automatizacija elektro-ilitičkih operacija	50	OPT	0,3	0,01	0,03	30,4
	50	PES	0,2	0,01	0,04	25,7
	75	OPT	0,1	0,01	0,06	16,1
	75	PES	0,02	0,01	0,025	4,1
<b>Periodične reverzne struje</b>						
	50	OPT	0,6	0,2	0,4	2,8
	50	PES	0,5	0,2	0,4	2,2
	75	OPT	0,3	0,2	0,8	1,3
	75	PES	0,3	0,2	0,9	1,1

OPT — optimistička

PES — pesimistička

NA — nije analizirano

### *Analiza proizvodnih troškova i dobiti od primene inovirajuće tehnologije*

Da bi se ocenila ekonomičnost primene većine precenjivanih tehnologija obavljena je analiza troškova proizvodnje i dobiti za neke od tehnologija.

Date vrednosti odnosa troškova (dubit) izračunate su za tehnologije za koje su postojali podaci o troškovima i dohotku. Do ocene dobiti se došlo množenjem predviđenih stopa godišnje proizvodnje i smanjenja troškova proizvodnje vezanih za svaku inovirajuću tehnologiju. Godišnji troškovi proizvodnje izračunati su sabiranjem investicionih i operativnih troškova i ekonomskog faktora rente, koji je iznosio 5% od investicionog kapitala. Tada je izračunat godišnji neto gotovinski promet, koji je umanjen za 20% da bi se dobila sadašnja vrednost za svaku godinu. Međutim, analiza troškova/dubit (T/D) mora da se interpretira sa velikom opreznošću s obzirom da se u postupak ocene uključuju i mnoge nepoznate. U najboljem slučaju, analizom mogu samo da se objasne tehnologije koje, sa ekonomskih perspektiva, najviše obećavaju.

Veoma značajni odnosi dobit/troškovi (D/T), nisu mogli da budu sagledani za neko od tehnologija, jer se za njih nisu mogla kvantifikovati investiciona ulaganja, troškovi proizvodnje ili dobit. Na primer, u slučaju unapređenja selektiviteta u procesu pripreme i koncentracije ruda, stvarno se nisu mogla proceniti investiciona ulaganja i proizvodni troškovi povezani sa eventualnim sposobljavanjem postrojenja za korišćenje inovacija. Ovo proističe otuda, što se proces flotiranja može znatno unaprediti bilo boljim delovanjem novih reagenasa, što zahteva minimalna ulaganja radi primene u praksi, ili, da se kroz bolje projektovanje flotacijskog ciklusa, što zahteva velika investiciona ulaganja radi modifikacije postojećih postrojenja, takođe obezbedi povećana selektivnost. Slični problemi onemogućavaju izradu analize odnosa dobit/troškovi u slučaju prospekcije, tehnologije prerade otpadnog bakra, a takođe za transport trakama na otkopima, automatizovanu proizvodnju daljinskim upravljanjem i kontrolom, kao i za automatizovanu kontrolu i regulaciju procesa u postrojenjima za pripremu i koncentraciju.

Pošto se navedeni odnosi ne mogu izračunati za više tehnologija ne može se napraviti redosled očekivane stope povećanja među mnogim alternativama tehnoloških rešenja koja stoe na raspolažanju ljudima koji donose odluke o istraživanjima, razvoju i investicionom ulaganju. Posebna je nemogućnost da se procene neto ekonomske koristi od ugradnje površinskih transportnih traka, automatske kontrole u procesima pripreme i automatizovane proizvodnje daljinskim upravljanjem i kontrolom, koja treba da proistekne iz analize troškovi/dubit. U narednim godinama očekuje se široka primena navedenih tehnologija.

Rezultati analize odnosa troškovi/dubit za tehnologije o kojima su postojali podaci, prikazani su u tablici 3. Iz prikaza se vidi, da odnos D/T varira od 30,4 za automatizovani elektrolitički proces do veoma niskog odnosa od svega 0,2 za tečnu ekstrakciju-elektrolizu. Međutim, u smislu ukupnog uticaja odnosa dobit/troškovi na industriju bakra, ovi su procesi u velikoj manjini.

Mnogo veći uticaj imaju kontinualno topljenje-konvertovanje i polu-autogeno mlevenje; oni obezbeđuju dobre odnose dobit/troškovi i mogu da obuhvate milione tona bakra u narednih 25 godina. Iako je analiza kontinualnog topljenja-konvertovanja bila zasnovana uglavnom na parametrima Noranda procesa, zaključci se mogu primeniti i na druge procese topljenja kao što su: Outokumpu, Inco ili Mitsubishi, koji se mogu koristiti za direktnu proizvodnju bakra iz koncentrata.

Ova je analiza takođe konstatovala da, i pored tehnoloških prednosti, luženje „na mestu“ i hidrometalurško tretiranje sulfidnih ruda leže negde u blizini ekonomske granice rentabiliteta. Odnos dobit/troškovi za postupak luženja „na mestu“ iznosi 0,7 što će izgleda u narednih 25 godina isključiti širu primenu ovog postupka u odnosu na klasični sistem eksploatacije rude bakra. Postupak hidrometalurškog tretiranja sulfidnih ruda sa odnosom dobit/troškovi od oko 1,2, igraće malu ulogu u povećanju proizvodnje bakra u svetu.

*Prof. inž: Gajko Hovanec*

# O b a v e š t e n j a

## APCOM '86

**19. međunarodni simpozijum o primeni računara u mineralnim industrijama, 14. do 18. april 1986., Pensilvanijski državni univerzitet, University Park, Pennsylvania, USA**

### Prvi poziv za referate

Pensilvanijski državni univerzitet biće domaćin 19. međunarodnog simpozijuma o primenama računara u mineralnim industrijama (APCOM) od 14. do 18. aprila 1986. na Pensilvanijskom državnom univerzitetu, University Park, Pennsylvania, USA. Pensilvanijski državni univerzitet je stalni član međunarodnog saveta APCOM-a. Ostali stalni članovi su Univerzitet Arizone, Colorado School of Mines i Udruženje rudarskih inženjera AIME.

APCOM simpozijum je predviđen da okupi stručnjake zainteresovane za primenu računara, matematike, statistike, geostatistike i operacionog istraživanja u mineralnim industrijama. To će biti prilika za diskusiju o novim potencijalnim razvojima u primeni matematičkih metoda i računara za planiranje i projektovanje mineralnih procesa, naročito na poljima istraživanja, eksploracije, obogaćivanja, finansiranja, upravljanja i kontrole.

Ssimpozijum će biti posebno interesantan za stručnjake koji se bave planiranjem, istraživanjem i operativce u mineralnim industrijama, kao i za direktore, inženjere i računarske i operaciono-istraživačke naučnike koji se bave istraživanjem, planiranjem rudnika i razvojem, marketingom i ocenom rudarskih projekata. Prudiće priliku porizvođačima i korisnicima „softvera“ i „hardvera“ da razmene informacije.

Organizacioni komitet prima izvode referata za jednu od sledećih tema:

### 1 – Istraživanje

- Korišćenje pratećih podataka
- Rekognoscencija
- Istraživanje cilja
- Automatsko dobijanje podataka
- Geohemiski i geofizičko istraživanje
- Odluke o ulaganjima u bušenje
- Rukovanje podacima o istraživanju

### 2 – Modeliranje rudnih tela i procena rudnih rezervi

- Metode modeliranja rudnih tela
- Metode proširenja i procene
- Ocene kvaliteta – težine i poređenja

### Geostatističke metode i nova dostignuća Primena računskih dijagrama

### 3 – Planiranje, projektovanje i rad rudnika

- Modeliranje rudarskih sistema
- Analiza granice površinskih kopova
- Dugoročno planiranje
- Kratkoročno planiranje
- Planski raspored proizvodnje
- Pojedinačne operacije: kontrola tla, ventilacija, sistemi zaštite čovekove sredine i rukovanje materijalima
- Realizacija projekata
- Dijagrami o uzajamnom uticaju

### 4 – Prerada rude i rad postrojenja

- Analiza procesa za ekstrakciju metala
- Računari u kontrolnim strategijama
- Prikupljanje podataka i kontrola u realnom vremenu
- Priprema uglja i modeli postrojenja

### 5 – Planiranje i ocena ulaganja

- Procena i predviđanje troškova
- Investicioni programi
- Ocena rizika
- Planiranje i kontrola glavnih projekata
- Ogledne studije i poređenja

### 6 – Informativni sistemi o rukovodenju

- Računska i druga vrsta kontrole rudnika
- Obuka i ocena radne snage po kvalifikacijama
- Održavanje i praćenje zaliha u rudniku
- Finansijski izveštaji i kontrola
- Informacione mreže

### 7 – Industrijske projekcije

- Ekonomske modeli iz oblasti metala
- Studije o ponudi, potražnji i cenama
- Planiranje razvoja metala u nacionalnim i internacionalnim razmerama

Izvodi predloženih referata treba da se dostave pre 1. maja 1985. Oni ne treba da sadrže više od 250 reči, a dostavljaju se na adresu:

Dr James D. Bennett  
Mining Continuing Education  
Department of Mineral Engineering  
126 Mineral Sciences Building  
University Park, Pennsylvania 16802, USA

Kompletni rukopisi usvojenih referata treba da se dostave do 1. decembra 1985. na istu adresu, a biće objavljeni kao jedinstveno izdanje Udruženja rudarskih inženjera AIME.



---

---

**RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD**

izdaje časopis:

**„RUDARSKI GLASNIK“**

(izlazi 4 puta godišnje)

**Oglašavajte vaše proizvode u časopisu**

**Cene:**

<b>1/1 strana u crno-beloj tehnići</b>	<b>4.000,00.- d.</b>
<b>1/2 strane u crno-beloj tehnići</b>	<b>3.000,00:- d.</b>

**Redakcija**

---

---

# POSEBNA IZDANJA RUDARSKOG INSTITUTA

	Cena po primerku
— prof. dr ing. Mirko Perišić: „PRIMENJENA GEOSTATISTIKA“ (knjiga sa priručnikom)	1.000,00.—
— dr ing. Janoš Kun: „POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA LIGNITA“ (I deo)	500,00.—
„POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA LIGNITA“ (II deo)	500,00.—
— prof. dr ing. M. Grbović — dr mr N. Magdalinović: „PROCESNA OPREMA DROBLJENJA I MLEVENJA MINERALNIH SIROVINA“	200,00.—
— Prof. ing. Nikola Najdanović — dr ing. Radmilo Obradović: „MEHANIKA TLA U INŽENJERSKOJ PRAKSI“	400,00.—
— Pror. dr Velimir Milutinović: „KOMPLEKSNA METODOLOGIJA EKONOMSKE OCENE LEŽISTA MINERALNIH SIROVINA“	100,00.—
— Prof. dr ing. Radomir Simić — dr ing. Dušan Mršović — mr ing. Vladimir Pavlović: „ODVODNJAVANJE POVRŠINSKIH KOPOVA“	800,00.—

## INFORMACIJA C.

Informacija o proizvodnji, zalihami i tržištu uglja koja izlazi mesečno i daje sliku momentalnog stanja, godišnja pretplata 2.500,00.—

Porudžbine se dostavljaju na adresu:  
Rudarski institut, 11000 Beograd, Zmaj Jovina 21  
ili Rudarski institut, 11081 Zemun, Batajnički put 2

Izašao je iz štampe

## **Godišnjak o radu rudnika uglja u 1983. godini**

Cena knjige je 4.500,00.— dinara.

Zainteresovani je mogu poručiti ili odmah uplatiti na račun 60805-607-8906  
SDK Zemun, a Redakciji »Rudarskog glasnika« dostaviti tačnu adresu, na  
koju će knjiga biti upućena.

**Knjiga se pre uplate ne dostavlja!**

**Redakcija**

## **PROIZVODAČI OPREME**

Dostavite nam prikaze Vaših najnovijih proizvoda koje ćemo objaviti BES-  
PLATNO u rubrici »Nova oprema i nova tehnička dostignuća«.

Članak treba da obuhvati najviše 5 kucanih stranica sa 2—3 fotografije.

Prikaze dostaviti na adresu:

**RUDARSKI INSTITUT**

Redakcija »Rudarskog glasnika«  
Zemun, Batajnički put br. 2.

**Redakcija**

Komisija za rudarsku terminologiju pri Rudarskom institutu u Beogradu pripremila je za vas petojezični

# RUDARSKI TERMINOLOŠKI REČNIK

koji obuhvata 16.500 termina

U radu na rečniku učestvovali su najeminentniji stručnjaci iz rударства i njemu srodnih oblasti.

Termini, obuhvaćeni rečnikom, dati su na srpskohrvatskom, engleskom, francuskom, nemačkom i ruskom jeziku.

Na kraju rečnika dat je registar za svaki strani jezik.

Jednostavan, praktičan, u tvrdom povezu, rečnik ima format pogodan za upotrebu.

---

O-113

odlagalište, hidromonitorno visinsko

flushing dump above level  
décharge (f) à chasse d'eau au  
dessus du niveau  
Hochspülkippe (f)  
высокосмывной отвал

O-114

odlagalište, klizanje

stockpile sliding; depot sliding  
glissement (m) du remblai  
kippenseitig  
отвальный оползень

O-115

odlaganje, mesto

depot position; storage position  
position (f) du dépôt  
Kippstelle (f)  
отвальное место

O-116

odlagalište, napredovanje

advance of waste dump  
avancement (m) du dépôt  
Kippenfortschritt (m)  
подвигание отвала

O-117

odlagalište, odbacivačko

stacker dump  
dépôt (m) formé par l'engin de rejet  
Absetzerkippe (f)  
экскаваторный (абзетцерный) отвал

O-118

odlagalište, okrenut ka

facing the stockpile; facing the depot  
face (f) vers de dépôt; face (f) vers  
remblai  
Kippenrutschung  
со стороны отвала

---

Cena iznosi 300,00— dinara.



# 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 PROJEKATA

- površinske i podzemne eksploatacije mineralnih sirovina
- opremanjivanja mineralnih sirovina i primarne prerade obojene metalurgije
- miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arhitektonske i elektromontažne delatnosti i tehničke zaštite
- IZGRADNJU 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**



# RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

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

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**

- veliki broj stručnjaka
- visok naučni i stručni nivo
- ostvareni naučno-istraživački rezultati primjenjeni u praksi
- iskustvo i pracenje naučnih dostignuća u svetu
- savremena oprema garantuju: BRZE

SAVREMENE  
KVALITETNE  
usluge iz navedenih delatnosti

obratite se na:

POSLOVNÍCU ZA KONSULTACIJE  
I INŽENJERING U RUDARSTVU

Beograd – Zemun, Batajnički put broj 2

Telefon 195-112; 198-112

(Teleks 11830-YU RI) Poštanski fah 116.



- large number of experts
- high scientific and specialized level
- realized scientific-research results applied in practice
- experience and following of scientific — technical achievements throughout the world
- up-to-date equipment of numerous laboratories and pilot-scale plants

guarantee:

**FAST  
CONTEMPORARY  
HIGH QUALITY**

services in above activities

For the arrangement of complete engineering in the field of mining, refer to the:

**CONSULTING OFFICE OF THE INSTITUTE  
OF MINING**

Beograd — Zemun, Batajnički put br. 2

tel. 195-112; 198-112 — telex 11830 YU RI



**TEHNIČKI REDAKTOR: MIRA MARKOVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA  
NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOG  
RAD) --FOTO: S. RISTIĆ**

