

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 — 9637

BROJ  
**2**  
1986

# RUDARSKI GLASNIK

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

**IZDAVAC: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2  
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA  
ŠTAMPA: ZAVOD ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV  
ČERNI“ – BEOGRAD, BUL. VOJVODE MIŠIĆA 43, TEL. 651–067**

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 - 9637

BROJ  
**2**  
1986



# RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S  
B U L L E T I N D E S M I N E S  
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л  
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  
ČOLIĆ dipl.ing. LJUBOMIR, Rudarski institut, Beograd  
DRAŠKIĆ prof. dr ing. DRAGIŠA, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
DUŠI prof. ing. MINIR, Rudarsko-metatalurški 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 dr ing. DRAGOLJUB, 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  
PRIBIČEVIĆ dipl.ing. MILOŠ, Rudarski institut, Beograd  
RADENKOVIĆ dr ing. ĆEDOMIR, Rudarski institut, Beograd  
TASEVSKI dipl.ing. APOSTOL, Rudarski institut, Skopje  
VESELINOVICI dipl.ing. RADOSLAV, Rudarski institut, Beograd

U finansiranju izdavanja časopisa učestvuje Republička zajednica za naučni rad — Beograd

**RUDARSKI GLASNIK, YU ISSN 0035-9637, br. 2(25), 1986, Beograd**

**S A D R Ž A J**

**E k s p l o a t a c i j a m i n e r a l n i h s i r o v i n a**

**Dipl.inž. SPASOJE MIĆIĆ**

Otkopavanje sigurnosnih stubova u rudniku Lece .....	5
Summary .....	8
Zusammenfassung .....	9
Rezjume .....	9

**Dipl.inž. MIODRAG LJUBINOVIC – dipl.inž. SVETLANA KOSIĆ**

Prikaz rešavanja problema eksploatacije rasipnog ležišta zlata Volujski Ključ – Kućovo .....	10
Summary .....	14
Zusammenfassung .....	14
Rezjume .....	14

**P r i p r e m a m i n e r a l n i h s i r o v i n a**

**Dr inž. KOSTA MIŠIĆ**

Mogućnost selektivnog aktiviranja i flotiranja prethodno deprimiranog halkopirita iz polimetalične rude ležišta Rudnik .....	15
Summary .....	18
Zusammenfassung .....	19
Rezjume .....	19

**Mr inž. BRANISLAV ANĐELKOVIĆ**

Ispitivanje tehnološkog uticaja stepena aeriranosti pulpe pri laboratorijskom flotiranju minerala bakra iz rude ležišta Majdanpek .....	20
Summary .....	22
Zusammenfassung .....	22
Rezjume .....	23

**V e n t i l a c i j a i t e h n i č k a z a š t i t a**

**Dr inž. ALEKSANDAR ĆURČIĆ**

Mogućnost primene flotacijske jalovine za zasipavanje otkopa u rudniku Trepča – Stari Trg sa aspektima sklonosti ka oksidaciji .....	24
Summary .....	30
Zusammenfassung .....	31
Rezjume .....	31

**Dipl.inž. SLAVKO KIŠIĆ**

Problemi samooksidacije sulfidne rude u jami Ajvalija .....	32
Summary .....	37
Zusammenfassung .....	37
Rezjume .....	38

## Zaštita čovekove životne sredine

Dr inž. DRAGAN PETKOVIĆ – dipl.inž. MIRA MITROVIĆ

Utvrdjivanje toksičnih gasovitih sastojaka i upoređivanje nivoa štetnosti pri gasifikaciji uglja u pogonu Lurgi generatora .....	39
Summary .....	43
Zusammenfassung .....	44
Rezume .....	44

Prof. dr MILAN ANTIĆ – dr BRANKA VUKANOVIĆ, dipl.hem. – mr inž. MILOŠ KUBUROVIĆ

Utvrdjivanje koncentracije emisije SO <sub>2</sub> i SO <sub>3</sub> u dimnim gasovima toplane, termoelektrane, energane i aglomeracije željezare Zenica .....	45
Summary .....	53
Zusammenfassung .....	54
Rezume .....	54

Dipl.inž. BRANISLAV GRBOVIĆ

Strana iskustva zaštite od emisije SO <sub>2</sub> i mogućnost njihove primene u našim termoelektranama .....	55
Summary .....	63
Zusammenfassung .....	63
Rezume .....	63

## Informatika i ekonomika

KOSTADIN POPOVIĆ, dipl.ecc – mr MIRKO CVETKOVIĆ, dipl.ecc.

Ekonomска efektivnost investicija u grani „proizvodnja uglja“ merena metodom kapitalnih koeficijenata	64
Summary .....	68
Zusammenfassung .....	68
Rezume .....	68

Nova oprema i nova tehnička dostignuća .....

69

Kongresi i savetovanja .....

73

Bibliografija .....

75



## IN MEMORIAM

Dipl.inž. Aleksandar Blažek  
Glavni urednik „Rudarskog glasnika“

Prestalo je da kuca srce jednog od doajena jugoslovenskog rudarstva, dipl.inž. Aleksandra Blažeka.

Inž. Blažek – poreklom iz stare rudarske porodice iz Ostrave (ČSSR) – radio se u mestu Sesvar (NR Mađarska), odakle je, sa roditeljima, došao u Beočin, gde je završio osnovnu školu.

Dalje naukovanje je produžio u Austriji, a rudarski fakultet je završio u Leobenu (Austrija), kao i mnogi jugoslovenski rudarski inženjeri starije generacije.

U periodu između dva rata rukovodio je značajnim rudnicima u Jugoslaviji, Zenicom, Rtnjem, Podvisom, Vrškom Čukom i Kosovom – radeći isključivo na podzemnoj eksploraciji uglja.

Posle rata bio je istaknuti stručnjak Saveznog zavoda za plan, na kom je mestu pružao dragocenu pomoć malobrojnim, mladim i neiskusnim rudarskim inženjerima, odakle ga sadašnja starija generacija rudara zna i pamti kao krajnje dobromernog i predusretljivog kolegu, koji je pomagao stručnim savetima u unapredjenju našeg mладог i razorenog rudarstva, u obučavanju kadrova, u sastavljanju i ispunjenju teških rudarskih zadataka.

Pripadao je onoj generaciji rudarskih inženjera koja je – pored izuzetne stručnosti u rudarstvu – podjednako dobro poznavala mašinstvo, građevinarstvo, ekonomiku i finansije.

Rudarski institut – u kome je radio kao spoljni saradnik i sa kojim je živeo od prvog dana njegovog osnivanja – pamtiće ga kao dragocenog saradnika i autora velikog broja studija i elaborata o daljem razvoju jugoslovenskog rudarstva, kao i energetskoj problematici.

Sa zapaženim referatima je istupao na međunarodnim i domaćim stručnim skupovima.

Bio je glavni urednik časopisa „RUDARSKI GLASNIK“, u kom svojstvu je podsticao mlađe kolege na objavljivanje svojih iskustava i naučnih dostignuća i saznanja, kao i saradnik na publikaciji GODIŠNJAK O RADU RUDNIKA UGLJA U JUGOSLAVIJI.

Svoju dragocenu biblioteku poklonio je biblioteci Rudarskog instituta.

Svojim savesnim stručnim radom i ličnim držanjem bio je uzor mlađima.

Slava mu!

# Eksplotacija mineralnih sirovina

UDK 622.273.3

Originalni naučni rad  
– primenjeno-razvojni

## OTKOPAVANJE SIGURNOSNIH STUBOVA U RUDNIKU LECE

(sa 2 slike)

Dipl.inž. S p a s o j e M ić ić

### Uvod

Rudnik zlata, olova i cinka Lece poznat je od davnina zbog značajnog prisustva korisnih minerala, posebno zlata. Tragovi srednjovekovnog rudarenja su još uvek vidni u okolini sadašnjeg rudnika.

Tokom II svetskog rata rad rudnika je bio povremen. Odmah po završetku rata počelo je intenzivno istraživanje. Pedesetih godina izrađena je flotacija sa postrojenjem za cijanizaciju.

Otvaranje rudnika izvršeno je potkopom Šuta na relativnoj koti  $\pm 0$ . Otkopavanje je počelo iznad ovog nivoa, a istovremeno je završeno istraživanje po dubini. Na osnovu dobijenih rezultata istraživanja otvoreni su niži horizonti i to na nivoima  $-40$  m,  $-100$  m i  $-170$  m.

### Rudarsko-geološke karakteristike rudnog tela broj 2

U kvarcno-brečastoj zoni Šuta-Rasovača, koja je u početku smatrana kao jedini nosilac orudnjenja u ležištu, otkrivena su i do sada eksplotaciona rudna tela 1, 2, 3 i 4.

Rudno telo broj 2 ima najveći značaj u orudnjenoj zoni. Pruža se od severozapada ka jugoistoku, a zaleže prema jugozapadu. Pad je promenljiv i, u intervalu od  $-40$  m do  $-100$  m, na severozapadu iznosi  $50^\circ$ , a na jugoistoku dostiže

$70^\circ$ . Moćnost u tom intervalu kreće se od 10 do 30 m, a po pružanju i do 300 m.

Površina rudnog tela, na osnovnom horizontu ( $-40$ ), je oko  $5000 \text{ m}^2$ . Moćnost rude se, prema površini, smanjuje i na 90. metru prelazi u mineralizaciju.

Ruda se javlja kao vezivo piroklastičnog materijala i materijala u kvarcno-brečastoj zoni. Od rudnih minerala mikroskopski se jasno razlikuju: galenit, halkopirit i pirit. U okviru ovog rudnog tela preovladavaju štokverkni i impregnacioni tipovi orudnjenja, a prisutna su i veća nagomilavanja u vidu sočiva.



Prateće stene u krovini i podini su andezit, andezitski aglomerat i tufo-breče, a zahvaćene su intenzivnim hidrotermalnim promenama, koje se najčešće ogledaju u silifikaciji i kaolinizaciji andezita i piroklastita.

Istražnim bušenjem je konstatovano orudnjenje na dubini  $150 - 180$  m ispod horizonta – 100 metara.

Do danas je završeno otkopavanje iznad horizonta – 40 m primenom metode horizontalnog podsecanja odozdo nagore sa zasipavanjem. Između horizonta – 40 m i – 100 m u toku je sekundarna fază otkopavanja (otkopavanje zaštit-

nih ploča i stubova), a između horizonata – 100 m i –170 m vrši se primarna faza otkopavanja.

#### Opis sigurnosnih stubova

Primarna faza otkopavanja rudnog tela broj 2, između horizonta –40 m i –100 m, izvršana je primenom metode podetažnog otkopavanja sa ostavljanjem otvorenih otkopa.

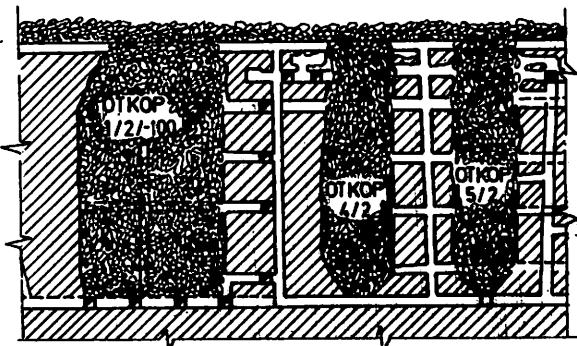
Primenom te metode formiraju se sigurnosni stubovi i sigurnosne ploče koje se naknadno otkopavaju.

Dimenzije otkopa, stubova i ploča određene su projektom\*) i iznose:

– širina otkopa	38 m
– širina stuba	14 m
– debljina sigurnosne ploče	12 m

Sekundarna faza otkopavanja deli se na dve podfaze.

Prva podfaza je otkopavanje sigurnosnih ploča koje se vrši masovnim miniranjem horizontalnih lepeza minskih bušotina. Bušenje se vrši iz komora koje su izrađene u sigurnosnim stubovima. Do sada su oborene tri sigurnosne ploče, kao što je dato na slici 1, dok se ostale pripremaju za obaranje.



Sl. 1 — Uzdužni presek po rudnom telu nakon obaranja sigurnosnih ploča.

Obaranjem sigurnosnih ploča ruda pada na dno otkopa, a za njom dolazi suvi zasip iz starih radova koji zapunjava otkop. Oborenna ruda se

utovaruje u utovarnim hodnicima, kao i primarnoj fazi otkopavanja.

Druga podfaza sekundarne faze otkopavanja predstavlja dobijanje sigurnosnih stubova, a vrši se nakon obaranja sigurnosnih ploča i zapunjavanja otkopa.

Projektovana širina sigurnosnih stubova je 12 m, ali je kod pojedinih stubova došlo do odstupanja. Kod stubova veće moćnosti ostala je veća širina, ali je došlo do smanjenja širine oštećenjem stuba pri otkopavanju.

Elementi stubova prikazani su u tablici 1.

Tablica 1

Red. Sigurnosni br. stub	Nagib (°)	Moćnost rudnog tela na hori- zontu (m)	Širina (m)		
			–100 m	–40 m	Po- jekto- vana
1. 3a–1/2–100	50	4	11	12	12
2. 1–4/2–100	54	15	37	12	12
3. 4–5/2–100	55	16	32	12	12
4. 5–6/2–100	56	28	35	12	10
5. 6–2/2–100	70	20	14	12	9

Ruda i prateće stene rudnog tela broj 2 spadaju u red srednje čvrstih i čvrstih stena, što omogućuje relativno velike dimenzije otkopnih prostorija. Ovo potvrđuju izvedeni radovi, pri čemu su veliki prazni otkopi stajali do obaranja ploča.

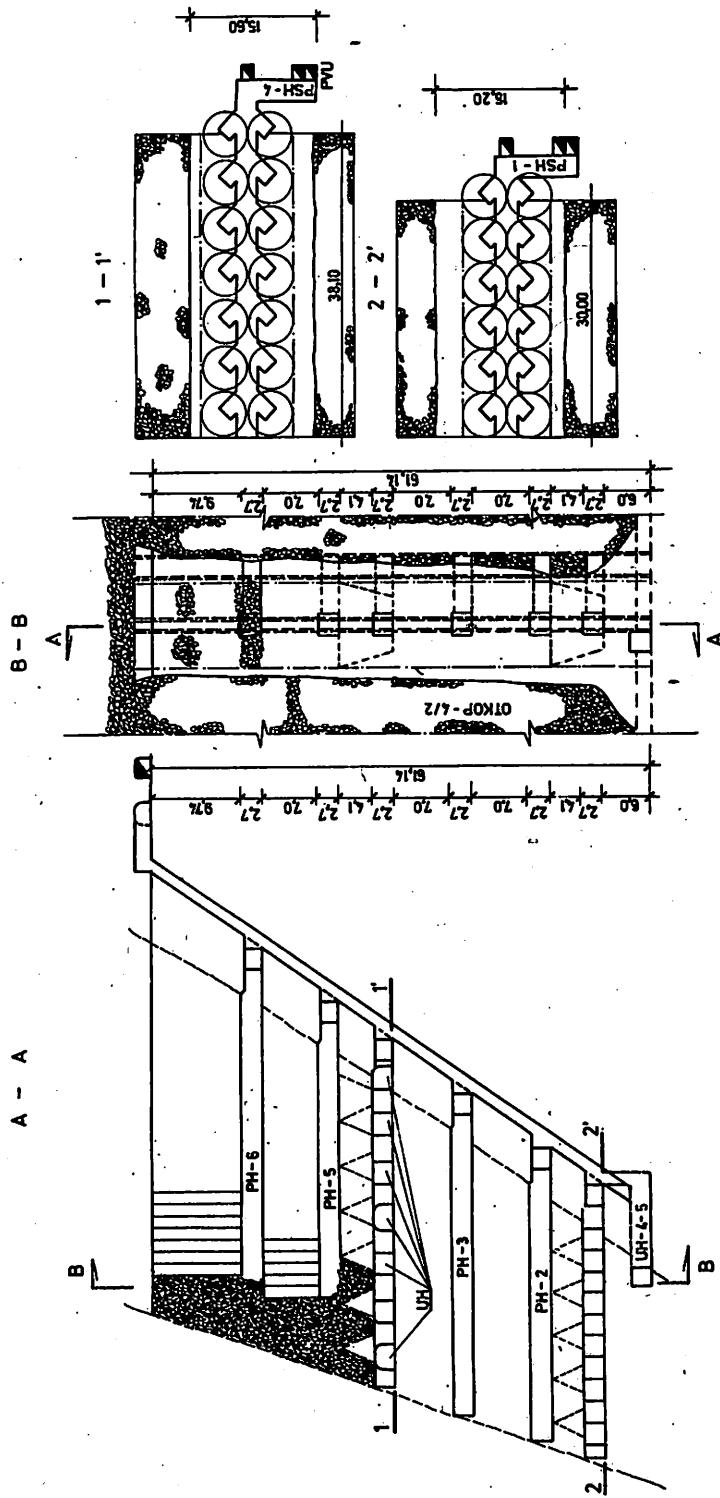
Prosečni rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih osobina rude i pratećih stena iz podine i krovine dati su u tablici 2.

#### Metoda otkopavanja

Za otkopavanje sigurnosnih stubova predviđena je podetažna metoda otkopavanja sa zarušavanjem – varijanta „zatvorenih lepeza“.

Princip otkopavanja dat je na sl. 2, a počinje izradom levka iz utovarnog hodnika UH na podetaži utovara i transporta. Izradom zaseka i obaranjem rude, miniranjem lepeza vertikalnih bušotina, na podetažnim hodnicima PH-6 i PH-5 vrši se otkopavanje sigurnosnog stuba. Miniranje na višoj podetaži napreduje za dva reda lepeza u odnosu na nižu.

\*) Dopunski rudarski projekat otkopavanja sigurnosnih ploča u rudnom telu broj 2 u intervalu hor. –42 m do hor. –100 m u rudniku Lece. — Rudarski institut, Beograd, 1976.



Sl. 2 — Šema otkopavanja sigurnosnog stuba 4-5/2/100.

Tablica 2

Veličine određene ispitivanjem	Uzorci		
	Ruda	Podina	Krovina
Zapreminska masa	(t/m <sup>3</sup> )	2,53	2,51
Čvrstoća na pritisak	$\sigma_c$ (daN/cm <sup>2</sup> )	1.190	1.600
Čvrstoća na istezanje	$\sigma_t$ (daN/cm <sup>2</sup> )	120	130
Čvrstoća na savijanje	$\sigma_s$ (daN/cm <sup>2</sup> )	95	120
Čvrstoća na smicanje	$\sigma_r$ (daN/cm <sup>2</sup> )	150	170
Modul elastičnosti	E (daN/cm <sup>2</sup> )	500.000	400.000
f		1,18	1,50
Ugao unutrašnjeg trenja	$\varphi$ (°)	57	57
Kohezija	C (daN/cm <sup>2</sup> )	220	260
			230

Ruda se otprema utevorno-transportnim mašinama T2-GH ili MIS-1P do rudne šipke kojom se spušta na horizont -100 m, na kome se pune vagoneti i izvozi do bunkera rovne rude na površini.

#### Osnovni tehnički parametri metode otkopavanja

Upoređenje ostvarenih osnovnih tehničkih parametara pri otkopavanju

	Stubova	Primarna faza
iskorišćenje (%)	69,60	95,00
osiromašenje (%)	25,00	5,00
kapacitet otkopa (t/sm)	100,00	100,00
faktor pripreme:		
I uskopi		
- u rudi (mm/t)	-	0,36
- u jalovini (mm/t)	2,18	-
Svega:	2,18	0,36
II hodnici		
- u rudi (mm/t)	3,04	3,70
- u jalovini (mm/t)	1,69	1,21
Svega:	4,73	4,91
Ukupno I + II:	6,91	5,27

#### Normativi

eksploziv (kg/t)	0,327
električni detonatori (kom/t)	0,0252
usadnici (kom/t)	0,00102
bušače šipke (kom/t)	0,00082
spojnice (kom/t)	0,00136
bušače krune (kom/t)	0,00163
električna energija (kWh/t)	4,95
gume za utevareće (kom/t)	0,0004
drvena grada(m <sup>3</sup> /t)	0,0017

#### Zaključak

Otkopavanje sigurnosnih stubova predstavlja završnu fazu eksploatacije pri kojoj je, u odnosu na primarnu fazu, vidno:

- smanjeno iskorišćenje rude
- povećano osiromašenje
- povećan faktor pripremnih radova.

U toku svih faza rada koristi se oprema i mehanizacija rudnika koja se primenjuje u primarnoj fazi eksploatacije.

Kvalitet rovne rude, sa datim osiromašenjem, ipak je zadovoljavajući.

#### SUMMARY

#### Extraction of Safety Pillars in Mine Lece

Four orebodies were discovered in the quartz-brecciated zone Šuta-Rasovača. Orebody No. 2 is the largest one, and upon primary mining safety pillars were formed in it. Since according to their size they contain significant reserves secondary mining was undertaken.

Mining is carried out by the sublevel caving method – variant of „closed fans”.

The equipment for primary mining, i.e. the existing equipment is used for this extraction.

The mining method technical parameters fully justify the extraction of pillars.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Der Abbau von Sicherheitspfeiler im Bergwerk Lece

In der Quarz-Breccien-Zone Šuta-Rasovača sind vier Erzkörper freigelegt. Der Erzkörper Number 2 ist der Größte bei diesem sind nach der primären Gewinnung die Sicherheitspfeiler ausgebildet. Da sie nach ihrer Größe bedeutende Vorräte enthalten, wird sekundäre Gewinnung durchgeführt.

Der Abbau wird mit der Anwendung von Teilstohle Abbauverfahren mit Zubruchbauen durchgeführt — mit der Variante „geschlossener Fächer“.

Bei der Gewinnung wird die Ausrüstung von der Phase der Primärgewinnung beziehungsweise die bestehende Ausrüstung des Bergwerkes genutzt.

Die technischen Kennwerte von dem Abbauverfahren rechtfertigen die Gewinnung der Pfeiler.

## РЕЗЮМЕ

### Разработка предохранительных целинов

В кварцево-брекчевидной зоне Шута-Расовача обнаружены четыре рудных тела. Рудное тело номер 2 самое крупное — в нем после первичной эксплуатации сформированы предохранительные целины. Поскольку рудное тело по своей величине содержит значительные запасы, производится сенундарная разработка.

Разработка проводится методом подэтажного обрушения — вариант „закрытых вееров“.

При разработке используется оборудование из первой фазы примарной фазы разработки, т. е. существующего оборудования рудника.

Технические параметры метода разработки показывают полную целесообразность разработки целинов.

UDK 622.271: 622.342  
„Volujski Ključ“  
Stručni rad

## PRIKAZ REŠAVANJA PROBLEMA EKSPLOATACIJE RASIPNOG LEŽIŠTA ZLATA VOLUJSKI KLJUČ – KUČEVO

(sa 2 slike)

Dipl.inž. Miodrag Ljubinović – dipl.inž. Svetlana Kosić

### Uvod

Osnovni cilj ovog članka je da se prikaže rešenje problema eksploatacije veoma značajne mineralne sirovine – zlata, koje se javlja u rasipnom tipu ležišta Volujski Ključ kod Kučeva u SR Srbiji.

### Geografski položaj i komunikacije

Ležište zlata Volujski Ključ nalazi se u istočnoj Srbiji u srednjem toku reke Pek. U neposrednoj blizini ležišta nalaze se sela Voluja i Neresnica, a grad Kučevac je udaljen oko 15 km od ležišta.

Pored samog ležišta su asfaltni put i železnička pruga koji povezuju ovu lokaciju sa Majdanpekom i Borom sa jedne i sa Kučevom i Požarevcem sa druge strane.

### Klimatske, hidrološke i hidrogeološke prilike

Klima ovog područja je umereno kontinentalna sa prosečnim godišnjim padavinama od oko 600–700 l/m<sup>2</sup>. Područje i okolina Volujskog Ključa su u geološkom pogledu vrlo heterogeni. Izgrađeni su od kristalastih škriljaca I i II grupe, tercijarnih sedimēnata na severozapadnom obodu i granitskih intruzija u jugozapadnom delu. Na 6–7

km istočno od granitske intruzije egzistiraju uglavnom kvarne žice sa korisnim mineralima i to, pre svega, šelita i zlata.

Aluvijalni nanos Volujski Ključ karakteriše se relativno velikom dužinom (5 km) relativno malom širinom (oko 410 m) i osrednjom močnošću (oko 8–9 m).

U preseku Volujskog nanosa uočava se po mogućnosti slaba promena u granulometrijskom sastavu, ali se jasno izdvajaju zone koncentracije korisnih minerala. Po svojoj zastupljenosti u aluvionu peskovu dolaze na prvo mesto. Pored kvarca u njemu se sreću minerali cirkona, turmalina, grana- ta, magnetita i liskuna. Podlogu nanosa sačinjavaju isključivo mulj i glina.

### Kratak prikaz geoloških istražnih radova

Mnogobrojni radovi i oruđa, otkriveni u ovom delu Homoljskih planina, ukazuju da eksploracija zlata datira još od pre antičkog doba, da bi u rimskoj epohi dostigla kulminaciju.

Istražni radovi su, uglavnom, izvođeni pre II svetskog rata. Ovi radovi su vršeni i kasnije i utvrđeno je da postoje znatne količine zlata. Pored zlata konstatovane su i znatne količine ostalih metala od kojih su najznačajniji: magnetit, granat,

rutil, ilmenit, cirkon, pa i šljunak kao građevinski materijal.

Na osnovu karakteristika aluvijalnog nanosa i količine izvršenih bušenja na jedinicu površine izdvojene su rudne rezerve A, B i C<sub>1</sub> kategorije.

Na osnovu dodatnih istražnih bušotina, koje su rađene 1984. godine, i primene geostatistike u proceni zlata u aluvijalnom nanosu Peka, lokacija Volujski Ključ, došlo je do podataka sa pouzdanosti od 0,95.

#### Ograničenje eksploatacionog polja sa proračunom rezervi

Na osnovu priložene dokumentacije urađene su konture ležišta i u okviru njih obračunate geološke rezerve.

Eksploatacione rezerve su 95% od geoloških rezervi, tj. procenjeni gubici iznose 5%. Eksploatacione rudne rezerve u okonturenom delu kopa iznose  $12 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Položaj površinskog kopa je prikazan na sl. 1.

#### Opis tehnološkog procesa

Izbor tehnološkog procesa otkopavanja ovog ležišta je rezultat analize kako fizičko-mehaničkih osobina radne sredine tako i drugih faktora kao što su:

- da se otkopana sirovina dalje tretira u postrojenju pokretnе separacije, koja se pomera sa frontom otkopavanja
- da se nivo vode u otkopanom delu menja u zavisnosti od godišnjeg doba, tako da bi eventualno eksploatacija pomoći plovećeg bagera bila znatno otežana, a pored toga i znatno skuplja s obzirom na cenu ove opreme za projektovani kapacitet
- da bi tehnologija transporta diskontinualnim sredstvom (kamionom) bila neophodna, s obzirom na cenu energije, materijala i održavanja sa jedne, kao i veze separacije i kamiona sa druge strane
- da je transport jalovine, posle procesa separacije, najpogodniji kontinualnim sredstvima (trakama i cevovodima sa pumpom) itd.

Na osnovu toga predložen je tehnološki proces sa sledećom opremom:

- direktno otkopavanje nanosa bez selektivnog rada do podine (maksimalne dubine do 9 m) u zavodnjenoj sredini (očekivani nivo vode je oko 6 m)
- transport trakama do postrojenja separacije, kao i do odlagališta
- direktno odlaganje jalovine u otkopani prostor
- pomoći radovi obuhvataju nivelišanje terena na otkopnom frontu i odlagalištu, kao i ostvarenje uslova za rekultivaciju.

Oprema je dimenzionisana za godišnji kapacitet od 1.000.000 m<sup>3</sup>.

Osim tog, pomoći radovima traba obuhvatiti i regulaciju reke Peka, s obzirom da se očekuje znatna mineralizacija u samom koritu.

Na osnovu usvojenog tehnološkog procesa otkopavanja predložena je sledeća oprema:

- hidraulički bager sa zapreminom kašike oko 4,5 m<sup>3</sup> za otkopavanje etaže po ukupnoj visini u zavodnjenoj sredini
- transportni sistem koji se sastoji iz tri trake širine B = 800 mm i pretovarni uređaj kao veza bagera i etažne trake
- za odlaganje se koristi samohodna traka širine B = 800 mm sa elektro pogonom na gusenicama
- pomoći radovi se obavljaju buldozerom sa snagom oko 200 kW, a koristiće se i druga oprema kao na primer: cisterna, laka vozila i dr. Paralelno sa napredovanjem odlaganja vrši se i rekultivacija odlagališta.

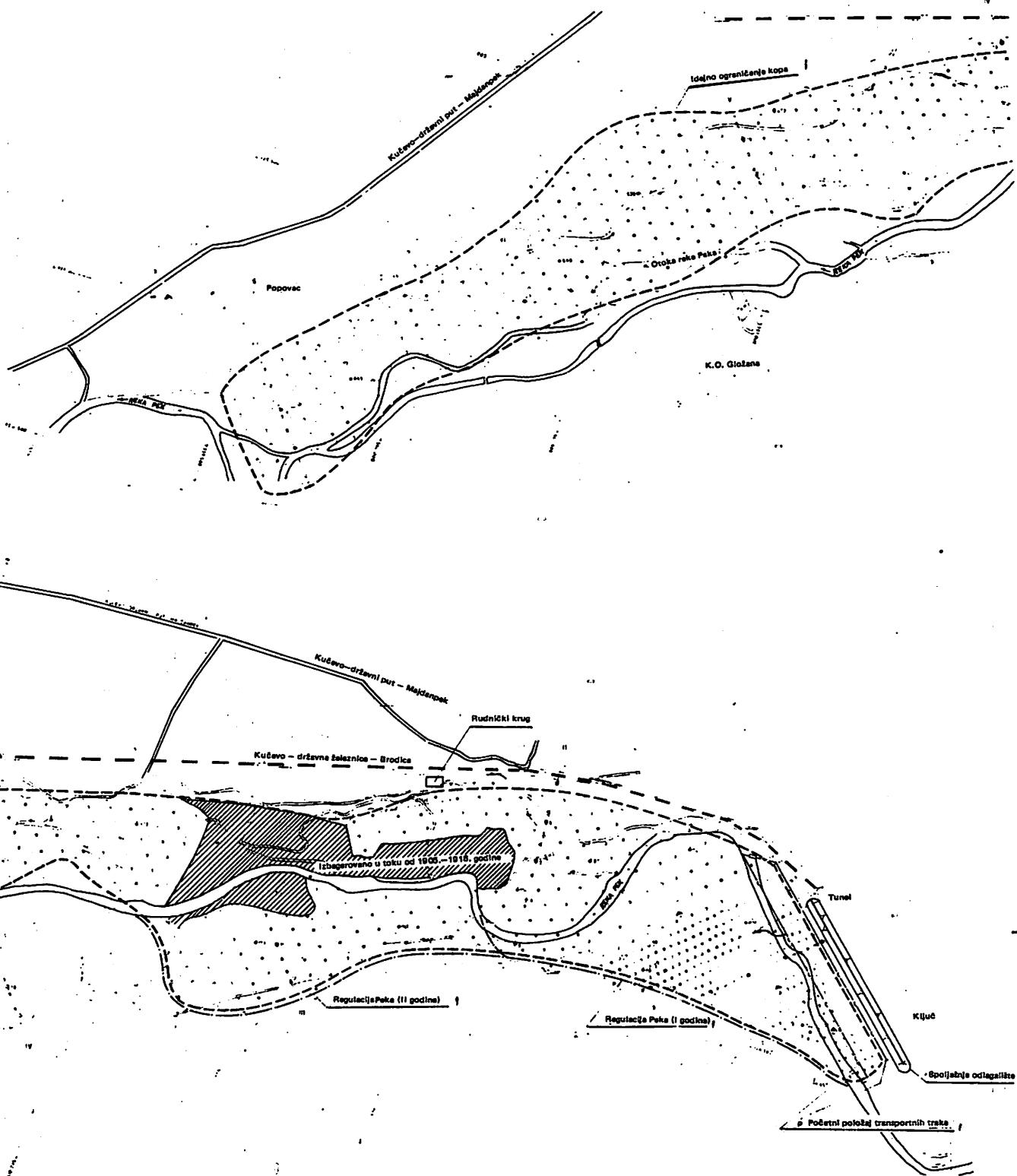
Planiran je sledeći broj radnika (sa radom u tri smene u godini):

— u direktnoj proizvodnji	72
— u režiji	15
Ukupno	87 radnika

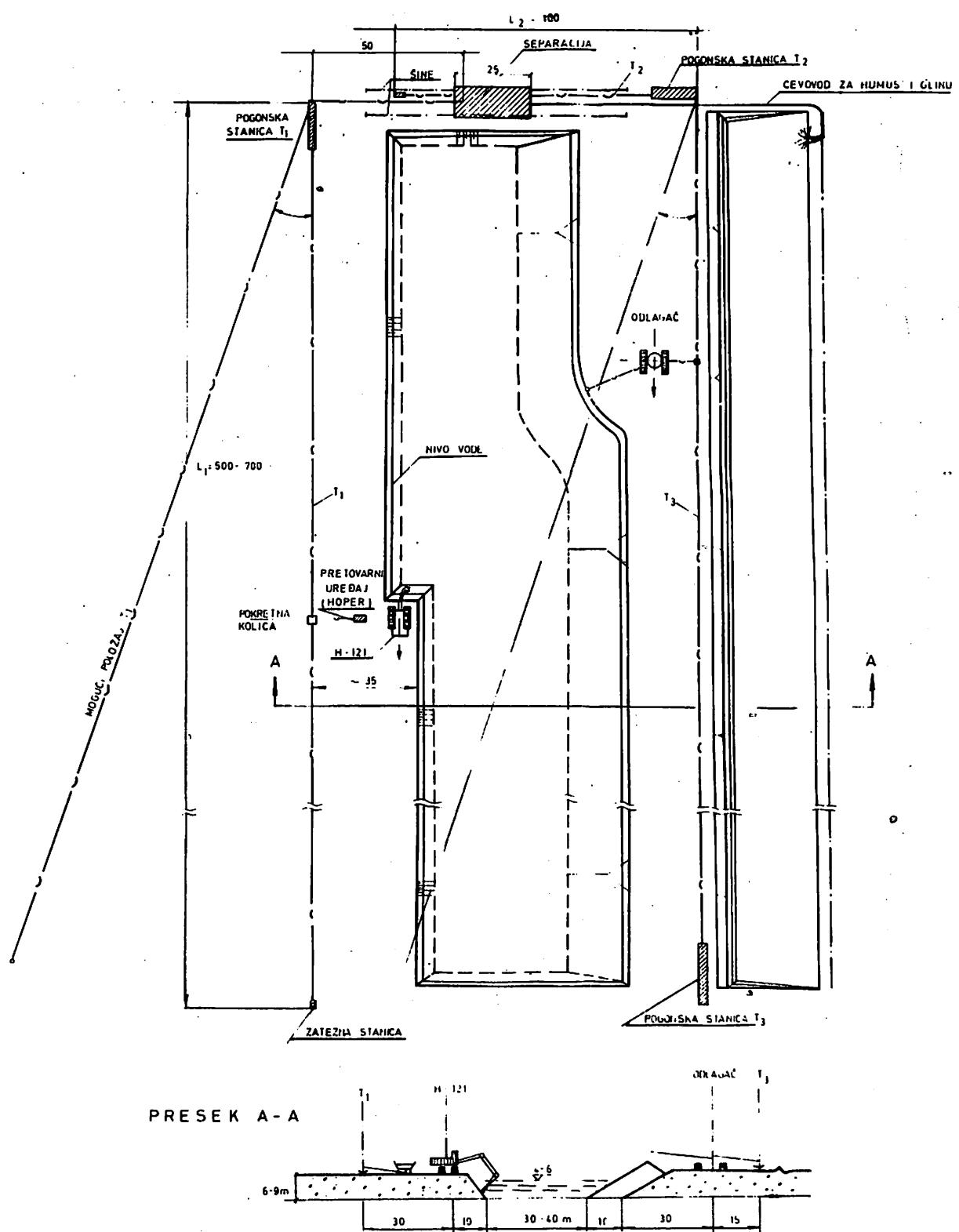
Šematski prikaz ove tehnologije rada na površinskom kopu je dat na sl. 2.

#### Zaključak

U ovom članku su prikazani izbor i način rešavanja otkopavanja rasipnog ležišta manje moćiosti kombinovanim radom diskontinualne maštine (bagera kašikara) i kontinualnog sistema transporta (trakama) i odlaganja (odlagačem).



Sl. 1 – Položaj površinskog kopa.



SI. 2 – Tehnološka šema otkopavanja.

## SUMMARY

### Review of Solution of the Problem of Exploitation of Alluvial Gold Deposit Volujski Ključ — Kučeve

The purpose of the paper is to present the solution of the problem of exploitation of a very important mineral material — gold occurring in alluvial type deposit Volujski Ključ, near Kučeve in SR Serbia.

Presented are the selection and method of solving mining of a thinner alluvial deposit by combined operation of a discontinuous machine (shovel) and continuous conveyor system and disposal (stacker).

## ZUSAMMENFASSUNG

### Die Darstellung vom Gewinnungsproblem der zerstreuter Golderzlagerstätte Volujski Ključ bei Kučeve

Der Zweck vom Absatz ist die Darstellung der Lösung vom Gewinnungsproblem sehr wichtigen Mineralstoff — des Goldes, welches sich in der zerstreuten Lagerstätte Volujski Ključ bei Kučeve in der VR Serbien befindet.

Es sind die Auswahl und die Lösungsweise vom Abbau der zerstreuten Lagerstätte kleinerer Mächtigkeit mit kombinierter Arbeit von diskontinuierlichen Geräten (Löffelbagger) und mit kontinuierlichem Transportsystem (Bandförderung), so wie mit Verkipfung (Absetzer) dargestellt.

## РЕЗЮМЕ

### Обзор решения проблем эксплуатации рассыпного месторождения золота Волуйски Ключ, Кучево

Целью статьи является обзор решений проблем эксплуатации весьма значительного полезного ископаемого — золота, которое находится в месторождении рассыпного типа Волуйски Ключ возле Кучева в СР Сербии.

Показаны выбор и способ решения разработки рассыпного месторождения малой мощности комбинированным действием дисконтинуального оборудования (одношовный экскаватор) и континуальной системы транспортирования (транспортерами) и отвалообразование (отвалообразователем).

Autori: dipl.inž. Miodrag Ljubinović — dipl.inž. Svetlana Kostić, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

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

Članak primljen 8.4.1986, prihvatan 20.5.1986.

# Priprema mineralnih sirovina

UDK 622.342 : 622.271

Originalni naučni rad  
— naučno-istraživački

## MOGUĆNOST SELEKTIVNOG AKTIVIRANJA I FLOTIRANJA PRETHODNO DEPRIMIRANOG HALKOPIRITA IZ POLIMETALIČNE RUDE I LEŽIŠTA RUDNIK

(sa 3 slike)

Dr inž. K o s t a M i š i c

### Uvod

Izdvajanje selektivnih koncentrata korisnih minerala iz polimetaličnih ruda ostvaruje se, u principu, primenom reagenasa — modifikatora, pri čemu dolazi do kolektiranja samo jednog ili više minerala sličnih fizičko-hemijskih svojstava kolektorom, koji ne utiče nepovoljno na minerale drugačijih osobina. Upotrebom određenih modifikatora: raznih soli, baza, kiselina organskih i neorganskih jedinjenja potrebno je obezbediti zadovoljavajuće odvajanje jednog ili nekoliko minerala, iste vrste metala, od drugih.

Kod flotiranja kompleksnih polimetaličnih ruda, koje sadrže minerale: olovo, bakar, cink i gvožđe, metodom direktnog selektivnog flotiranja osnovni problemi ogledaju se u teškoćama selektivnog aktiviranja i flotiranja prethodno deprimiranih minerala, a pre svega halkopirita, imajući u vidu njegova slična flotacijska svojstva sa mineralima gvožđa piritom i pirotinom, a pri redosledu izdvajanja korisnih minerala: galenit, halkopirit, sfalerit, pirit (pirotin).

Laboratorijska ispitivanja, izvršena na rudi ležišta Rudnik, karakterističnoj kompleksnoj polimetaličnoj rudi, ukazala su na mogućnost selektivnog aktiviranja i selektivnog flotiranja halkopirita u prisustvu minerala cinka i gvožđa, upotrebom određenih sulfoksidnih jedinjenja.

### Osnovne karakteristike rude

Kompleksna polimetalična ruda iz ležišta Rudnik sadrži sledeće osnovne minerale: galenit, halkopirit, sfalerit (marmatit), pirit i pirotin, uz učešće arsenopirita, markazita, tetraedrita, limonita, bulanžerita, malahita, kovelina i dr.

Zastupljenost osnovnih minerala u rudi i njihove dimenzije date su u tablici 1.

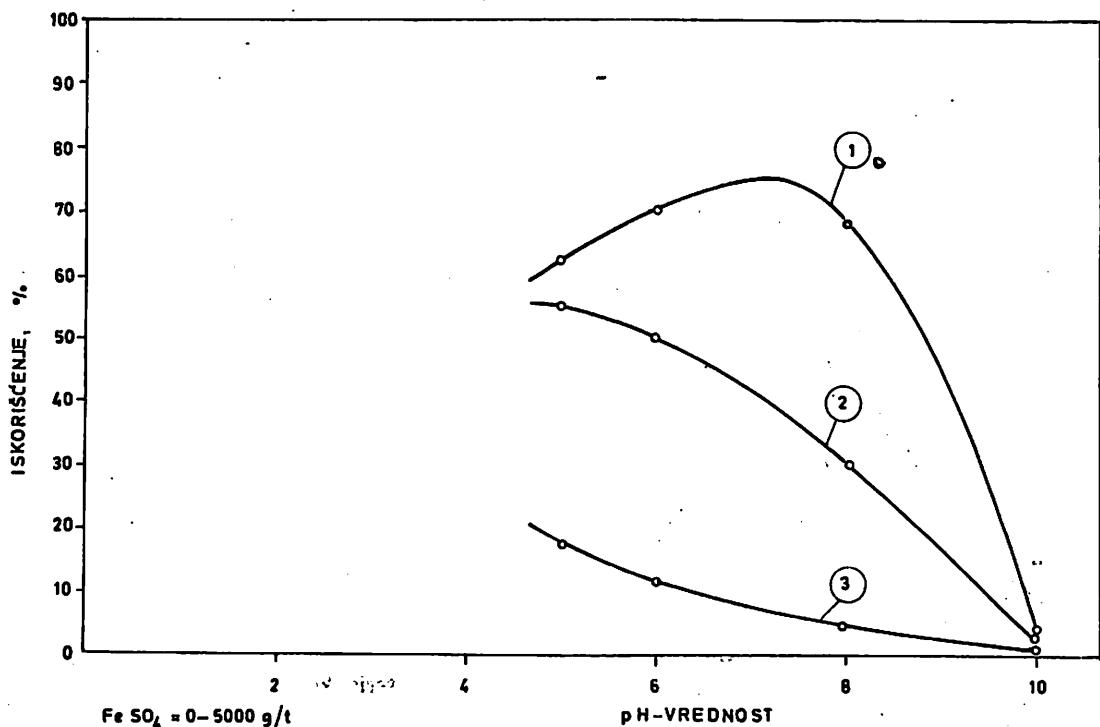
I Tablica 1

Mineral	Učešće u rudi %	Dimenzije slobodnih i sraslih zrna, mm
Galenit	0,92–1,53	0,01–0,17
Sfalerit	1,57–2,55	0,03–0,30
Halkopirit	0,30–0,92	0,03–0,20
Pirit	0,31–1,26	0,02–0,40
Pirotin	6,80–12,1	0,005–0,60
Arsenopirit	0,24–0,61	0,02–0,30
Jalovina	52,50–88,5	—

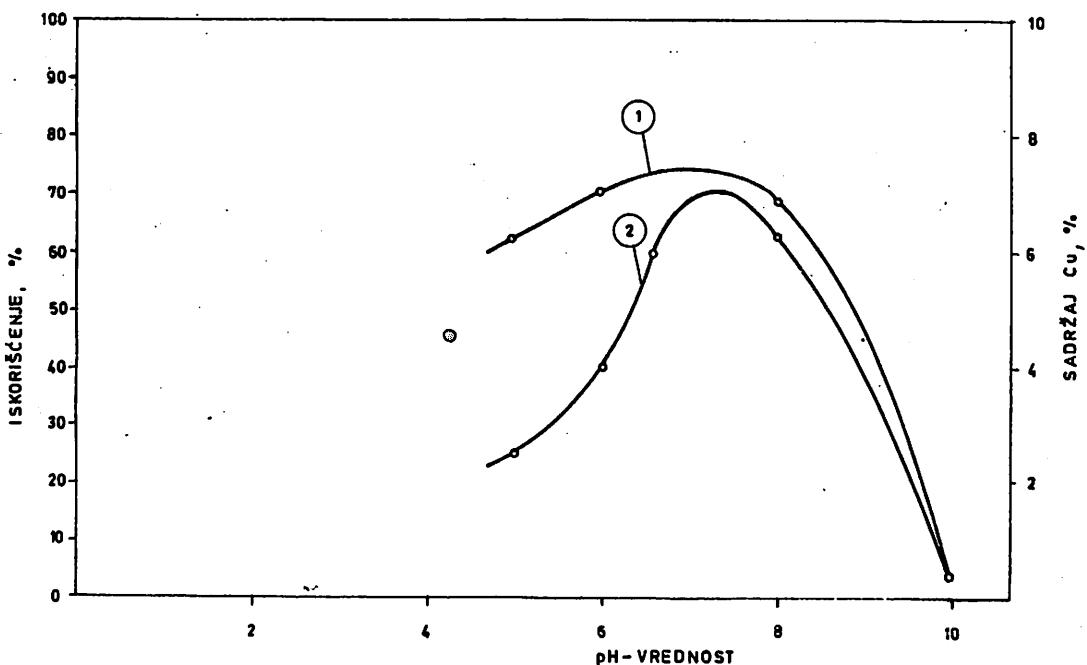
Rudu karakteriše i visoko učešće kvarca (do 30% slobodnog  $\text{SiO}_2$ ) i skarnovskih minerala. Ona ima promenljiv hemijski sastav po sadržaju: olovo koje varira od 1,0–3,0%, cink od 1,0–2,5%, bakar od 0,3–0,8% i srebro od 30–90 g/t.

### Ispitivanje mogućnosti selektivnog aktiviranja prethodno deprimiranog halkopirita

Pri sagledavanju mogućnosti dobijanja selektivnih koncentrata korisnih minerala iz ove rude direk-



Sl. 1.— Iskorišćenje bakra, cinka i gvožđa u funkciji pH sredine  
1 – bakar; 2 – gvožđe; 3 – cink.



Sl. 2 – Iskorišćenje i kvalitet osnovnog koncentrata Cu u funkciji pH sredine  
1 – iskorišćenje; 2 – sadržaj bakra u koncentratu.

nim selektivnim flotiranjem, posebna pažnja po- klonjena je traženju uslova za selektivno aktivira- nje halkopirita, koji je prethodno deprimiran alkalnim cijanidima i uslova za njegovo selektivno flotiranje u prisustvu marmatita, pirita i pirotina, kao osnovnog preduslova za primenu ovog postup- ka flotacijske koncentracije.

Mogućnost selektivnog aktiviranja halkopirita ispitivana je upotreboraznih kiselina i sulfoksid- nih jedinjenja uz korišćenje određenih desorbena- ta.

Najbolje efekte pokazala je upotreba sledećih modifikatora: ferosulfata, natrijumtiosulfata i cinksulfata, koji su u određenim koncentracijama i određenim vrednostima pH sredine ukazali na mogućnost selektivnog izdvajanja halkopirita.

Laboratorijskim opitima flotacijske koncentra- cije, izvršenim na uzorcima ove polimetalične rude u otvorenom i zatvorenom ciklusu flotacijske koncentracije, ispitana je:

– zavisnost iskorišćenja prisutnih minerala u os- novnom koncentratu halkopirita u funkciji pH

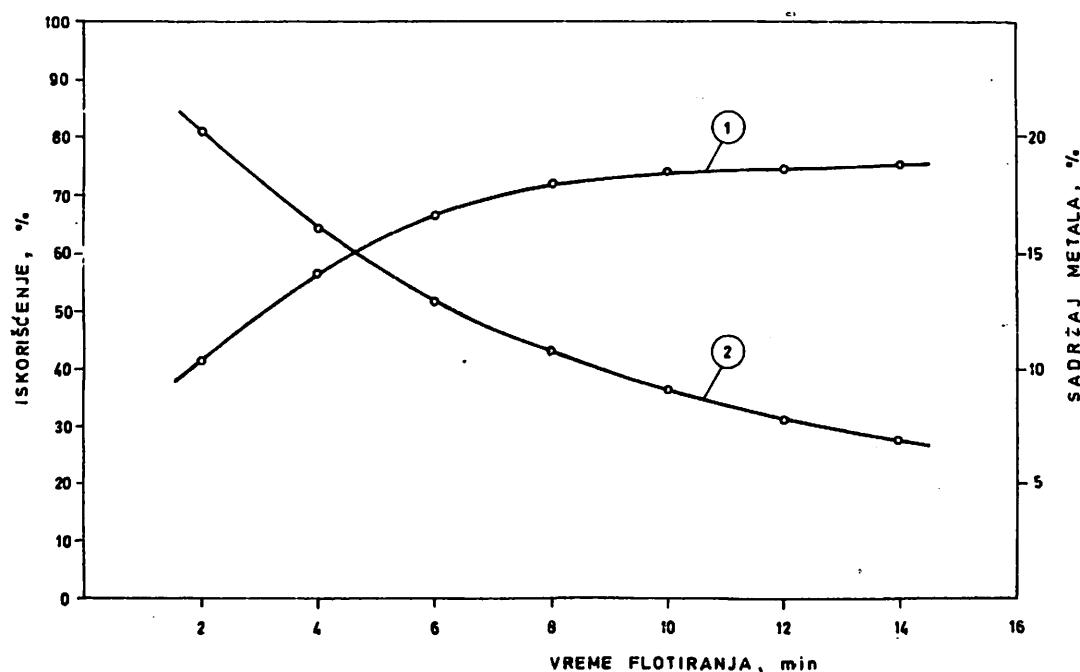
sredine, odnosno koncentracije fero-sulfata i ostalih modifikatora, i

– zavisnost iskorišćenja prisutnih minerala u os- novnom koncentratu halkopirita u funkciji vre- mena flotiranja.

Osnovni cilj ovih ispitivanja bio je da se utvrdi pri kojim uslovima može doći do ponovne hidrofo- bizacije površina halkopirita uz istovremeno deprimiranje minerala sfalerita, pirita i pirotina.

Zavisnost iskorišćenja bakra, cinka i gvožđa u funkciji pH sredine, odnosno potrošnje ferosulfata data je na sl. 1. U uslovima umanjenja pH sredine dodavanjem ferosulfata, a u prisustvu modifikatora natrijumtiosulfata i cinksulfata, dolazi do aktivira- nja halkopirita, što se vidi iz dobijene krive iskorišćenja bakra (1). Prethodno deprimirani hal- kopirit najbolje flotira pri pH od 7–8, pri potroš- nji ferosulfata od 1500 g/t rude, pri čemu se postiže iskorišćenje bakra od oko 75%.

Prelaskom u kiselu sredinu, odnosno poveća- njem potrošnje ferosulfata, iskorišćenje bakra opa- da uz istovremeno intenzivnije flotiranje minerala gvožđa i cinka, a takođe i povećanjem bazičnosti



Sl. 3 – Iskorišćenje i kvalitet osnovnog koncentrata bakra u funkciji vremena flotiranja  
1 – iskorišćenje, %; 2 – sadržaj bakra u koncentratu, %.

pulpe, jer halkopirit ostaje deprimiran. Intenzitet flotiranja minerala gvožđa (2), kao i minerala cinka (3), raste sa umanjenjem pH vrednosti.

Zavisnost iskorišćenja bakra i sadržaja bakra u osnovnom koncentratu u funkciji pH sredine data je na sl. 2.

Iz dobijene krive sadržaja bakra u osnovnom koncentratu (2) vidi se, da se najveći sadržaj ostvaruje pri pH od 7,5–8,0, odnosno pri potrošnji ferosulfata od 1500 g/t rude, a u prisustvu navedenih modifikatora. Smanjenjem pH sredine opada kvalitet koncentrata, kao posledica pojačanog flotiranja pirita i pirotina, pa i sfalerita.

Zavisnost iskorišćenja i kvaliteta osnovnog koncentrata bakra u funkciji vremena flotiranja data je na sl. 3.

Pri potrošnji ferosulfata od 1500 g/t rude, odnosno pri pH od 7,5–7,8, a u prisustvu drugih modifikatora i kolektora butiksantata (40 g/t), dobijene su kriva iskorišćenja (1) i kriva sadržaja bakra u osnovnom koncentratu (2). Zapaža se intenzivni rast iskorišćenja bakra do osmog minuta (73%) i dalji veoma usporeni rast do šesnaestog minuta, kada se ostvaruje ukupno iskorišćenje od oko 76%. Sadržaj bakra u osnovnom koncentratu bakra u prva dva minuta flotiranja iznosi oko 21%, da bi od 12–14 minuta pao na oko 7,0 %.

Ovako relativno intenzivno flotiranje halkopirita omogućava postizanje zadovoljavajuće selektivnosti u odnosu na prisutne minerale cinka i gvožđa, a dvostrukim prečišćavanjem osnovnog koncentrata bakra, pri pH 6,5–6,8, u prisustvu modifikatora (cinksulfata i natrijumtiosulfata) dobija se koncentrat bakra sa oko 25% Cu.

Dobijeni rezultati pokazuju da se selektivno aktiviranje i flotiranje prethodno deprimiranog

halkopirita iz ove kompleksne polimetalične rude može ostvariti pomoću ferosulfata, natrijumtiosulfata i cinksulfata, s tim da se zadovoljavajuća selektivnost ovog minerala u odnosu na minerale cinka i gvožđa postiže pri pH od 7,5–8,0.

#### Zaključak

Laboratorijskim opitima, koji su izvršeni na kompleksnoj polimetaličnoj rudi iz ležišta Rudnik, koja sadrži minerale: olovo, bakar, cink i gvožđe, ispitana je mogućnost selektivnog aktiviranja i flotiranja halkopirita, prethodno deprimiranog alkalnim cijanidom. Korišćeni su razni flotacijski reagensi: desorbenti i modifikatori. Efekat selektivnog aktiviranja halkopirita ostvaren je upotrebom ferosulfata u kombinaciji sa natrijumtiosulfatom i cinksulfatom, a zasnovan je na delovanju prisutnih i novostvorenih Fe jona, u sadejstvu sa jonima  $S_2O_3^{2-}$  i  $SO_4^{2-}$ . Delovanje fero i feri jona ogleda se u neutralizaciji cijanogen jona u tečnoj fazi, čime se omogućava hidrofobizacija površina halkopirita. Selektivno aktiviranje halkopirita izvršeno je u slabo bazičnoj sredini kako ne bi došlo do aktiviranja i površina minerala gvožđa (pirita i pirotina). U zavisnosti od zastupljenosti cijanogen jona u pulpi bilo je neophodno omogućiti stalno prisustvo određene koncentracije Fe jona, pri čemu, u zavisnosti od njihovog međusobnog odnosa, dolazi do stvaranja nerastvornih ili slaborastvornih taloga  $FeCN_2$  ili  $Fe_4/Fe(CN)_6/3$ .

Razrešenjem problema selektivnog aktiviranja i flotiranja prethodno deprimiranog halkopirita iz ove polimetalične rude stvoreni su uslovi za izdvajanje selektivnih koncentrata svih korisnih minerala iz ove kompleksne rude metodom direktnog selektivnog flotiranja.

#### SUMMARY

#### Possibility of Selective Activation and Flotation of Previously Depressed Chalcopyrite from Deposit Rudnik Polymetallic Ore

Laboratory test indicated that use of specific sulphide compounds in a mildly basic medium allows the achievement chalcopyrite surfaces hydrophobization upon previous depression by cyanides, ferro and ferri ions action, as well as  $S_2O_3^{2-}$  and  $SO_4^{2-}$  ions. Specific concentration of the ions, in the liquid stage, enables selective separation of chalcopyrite in line with depression of present zinc and iron minerals, and this affords the application of the method of direct selective flotation in treatment of this complex polymetallic ore.

The results of laboratory test were confirmed under full-scale conditions. Currently, selective concentrates are produced by the process of direct selective flotation in the following order: galenite, chalcopyrite, sphalerite (marmatite).

## ZUSAMMENFASSUNG

### Die Möglichkeit der selektiver Aktivierung und die Flotation vorhergehend gedrückten Kupferkies aus polymetallischen Erz der Lagerstätte Rudnik

Die Laboratoriumsversuche zeigten, dass man mit Verwendung bestimmter Sulfooxydeverbindungen in schwachbaschem Mittel eine Flächenhydrophobisation von Kupferkies, der vorher mit Cyaniden gedrückt war, mit der Wirkung von Fero- und Feri-Ion, als auch mit  $S_2O_3^{2-}$  – und  $SO_4^{2-}$  –Ion, erreichen kann. Mit bestimmter Konzentrierung dieser Ionen in der Flüssigphase ist die Selektivseigerung von Kupferkies mit dem Drücken der anwesenden Zink- und Eisen-Mineralen ermöglicht und so die Verwendung einer Direktselektiverflotationsmethode bei der Bearbeitung dieser komplexen polymetallischen Erze zu ermöglichen.

Die Ergebnisse der Laboratoriumsversuche sind in Betriebsverhältnissen bestätigt. Heute werden mit dem Verfahren der Direktselektiverflotation Selektivkonzentraten in der Reihenfolge : Galenit, Kupferkies, Sphalerit (Marmatit) gefördert.

## РЕЗЮМЕ

### Возможность селективной активации и флотации предварительно депрессированного халькопирита из полиметаллической руды месторождения Рудник

Лабораторные эксперименты показали, что применением сульфидооксидных соединений может быть достигнута гидрофобность поверхности халькопирита, который был предварительно депрессирован кианитами, действием ферро и ферри ионов и ионов  $S_2O_3^{2-}$  и  $SO_4^{2-}$ .

Определенная концентрация этих ионов в жидкой фазе делает возможным селективное отделение халькопирита с депрессированием присутствующих минералов цинка и железа, что позволяет применять метод прямой селективной флотации при третировании этой комплексной полиметаллической руды.

Результаты лабораторных исследований были подтверждены в промышленных условиях. В настоящее время методом директной избирательной флотации получаются селективные концентраты в следующем порядке: галенит, халькопирит, сфалерит (марматит).

## Literatura

1. Mišić K. 1986: Proučavanje mogućnosti selektivnog flotiranja galenita i halkopirita iz polimetalične rude ležišta Rudnik, doktorska disertacija.
2. Mišić K. 1984: Izdvajanje selektivnih koncentrata minerala olova i bakra iz kompleksne Pb-Zn-Cu rude rudnika Rudnik. – „Rudarski glasnik“ 2/84, Beograd.
3. Kopac V. A. 1985: Flotacija sulfidov.

UDK 622.765.001.4 : 622.343  
Prethodna saopštenja  
istraživačko–razvojni

## ISPITIVANJE TEHNOLOŠKOG UTICAJA STEPENA AERIRANOSTI PULPE PRI LABORATORIJSKOM FLOTIRANJU MINERALA BAKRA IZ RUDE LEŽIŠTA MAJDANPEK

(sa 2 slike)

Mr inž. Branislav Andelković

### Uvod

Postoje brojni radovi o proučavanju zbijanja u pojedinim fazama flotacijske koncentracije kao što su stvaranje pulpe, kondicioniranje, kolektiranje, aeriranje i levitacija. Činjenica je, da se najmanji broj radova odnosi na proučavanje uloge aeracije i levitacije. Ovaj rad ima cilj, da ukaže na značaj aeracije i njen uticaj na tehnološke rezultate flotiranja u laboratorijskom radu.

Proučavanjem razvoja teorije flotiranja često se naglašava da je flotacijska pulpa veoma složen heterogeni višefazni disperzni sistem, sastavljen od čvrste, tečne i gasovite faze. Na graničnim površinama ovih faza zbijaju se veoma složeni procesi na koje se može uticati sa više ili manje uspeha.

U elemente koji su manje—više dobro proučeni spadaju i pitanja vezana za mehanizam mineralizacije vazdušnih mehurića. Ovo je sasvim normalno, jer je osnovni, i može se reći odlučujući, čin procesa flotacije — pripajanje mineralnih zrna uz vazdušne mehuriće, odnosno elementarni akt procesa flotiranja obrazovanje kompleksa mineralno zrno — vazdušni mehurić.

Osnovni faktori koji imaju uticaj na aeraciju pulpe, odnosno na intenzifikaciju flotacijskog procesa, su srednji sadržaj količine vazduha, granulometrijske karakteristike vazdušnih mehurića i njihova raspodela po zapremini pulpe.

Može se slobodno reći, da aeriranost pulpe određuje brzinu procesa flotiranja, uslovjava tehnološke rezultate i u izvesnoj meri smanjuje potrošnju reagenasa. Mnogobrojni podaci iz industrijske prakse i laboratorijskih ispitivanja ukazuju da je pri nedovoljnoj aeraciji iskoršćenje korisnih komponenata znatno slabije. Ono naročito dolazi do izražaja kod krupnozrnih čestica u pulpi, kaolininskih i teško flotabilnih ruda.

### Eksperimentalni rad

Da bi se na neki način potvrdio značaj aeracije u procesu flotiranja vršena su laboratorijska ispitivanja na majdanpečkoj rudi bakra.

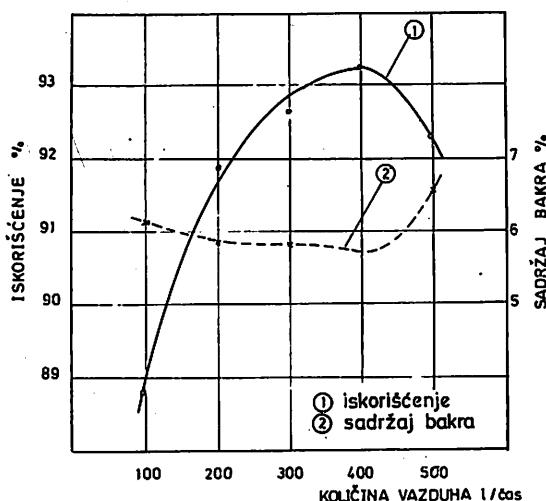
Ispitivanja su izvršena radom na savremenoj subaeracijskoj flotacijskoj čeliji „Denver”, model D1 koja poseduje varijator brzine obrtanja rotora. Za dovod vazduha priključen je rotometar za merenje količine vazduha u jedinici vremena.

U toku rada ispitani su samo rezultati grubog flotiranja minerala bakra bez prečišćavanja.

Posle pripremanja i usitnjavanja uzorka do finoće mlica potrebne za flotiranje stvorena je pulpa za opite flotiranja gustine 28% čvrste faze i pH vrednosti 11,5. Ovakvi uslovi se ostvaruju u pogonu flotacije u Majdanpeku. Isti uslovi važe i za reagense, a to su:

Z<sub>200</sub> – izopropil etilitionokarbonat 8 g/t  
 3302 – Alyc ester amil ksantat 5 g/t  
 Z<sub>11</sub> – natrijum izopropil ksantat 8 g/t u mlin  
 Z<sub>11</sub> – natrijum izopropil ksantat 7 g/t u toku flotiranja  
 D<sub>250</sub> – polipropilen glikol metil ester 20 g/t

Cu %	l/čas	I %
6,57	500	92,27
5,71	400	93,27
5,83	300	92,72
5,85	200	91,88
6,12	100	88,84



Sl. 1 — Srednja vrednost ostvarenih rezultata na iskoriscenju i sadrzaju bakra u zavisnosti od kolicine usisnog vazduha.

Opiti su ponovljeni nekoliko puta.

Ovde će se prikazati srednje vrednosti serije od 5 opita.

U okviru ovih ispitivanja izvršene su dve serije opita. U prvoj seriji opita proučavano je dejstvo primene količine vazduha na tehnološke rezultate pri konstantnom broju obrtaja rotora  $1600 \text{ min}^{-1}$  (tablica 1 i slika 1).

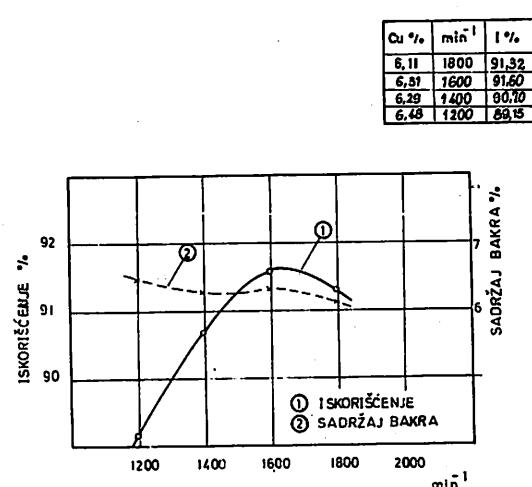
U drugoj seriji opita ispitivana je zavisnost tehnoloških rezultata od promene broja obrtaja rotora pri konstantnoj količini vazduha ( $200 \text{ l/m}$ ) (tablica 2 i slika 2).

U tablici 1 i na slici 1 prikazane su srednje vrednosti ostvarenih rezultata prve serije opita. U ovoj seriji opita praćeni su tehnološki rezultati pri konstantnom broju obrtaja impelera ( $1600 \text{ min}^{-1}$ ) uz promenu količine vazduha ( $1/\text{čas}$ ).

Srednja vrednost ostvarenih rezultata – iskoriscenje i kvalitet osnovnog koncentrata bakra u zavisnosti od kolicine vazduha

Tablica 1

Cu, %	Količina vazduha l/čas	I %
6,57	500	92,27
5,71	400	93,37
5,83	300	92,72
5,85	200	91,88
6,12	100	88,84



Sl. 2 — Srednja vrednost ostvarenih rezultata na iskoriscenju i sadrzaju bakra u zavisnosti od broja obrtaja rotora.

Na osnovu ostvarenih rezultata u ovim opitima zapaža se da se najveća iskoriscenja postižu pri količini vazduha od  $400 \text{ l/h}$ , dok su najniža iskoriscenja pri količini vazduha od  $100 \text{ l/h}$ .

Ovo ukazuje da se sa povećanjem količine vazduha (aeracije) u pulpi poboljšava flotiranje krupnijih sraslih mineralnih zrna.

Srednja vrednost ostvarenih rezultata – iskoriscenje i kvalitet osnovnog koncentrata bakra u zavisnosti od broja obrtaja rotora

Tablica 2

Cu, %	Broj obrtaja rotora $\text{min}^{-1}$	I %
6,11	1800	91,32
6,31	1600	91,60
6,29	1400	90,70
6,48	1200	89,16

Najbolji kvalitet koncentratâ (sa malom razlikom) postignut je pri količini vazduha od 500 l/h. Ovo ukazuje na brzo isplivavanje vazdušnih mehurića – koalescenciju, kao i nedovoljno njihovo dejstvo na proces flotiranja.

U tablici 2 i na slici 2 prikazani su tehnološki rezultati srednje vrednosti druge serije opita, koji su izvođeni u zavisnosti od broja obrtaja rotora pri konstantnoj količini ulaznog vazduha od 200 l/čas.

Iz tablice 2 i sl. 2 može se zapaziti da sa povećanjem broja obrtaja rotora raste i flotacijsko iskoršćenje. U našim ispitivanjima taj porast se manifestovao sve do brzine obrtaja rotora flotacijske čelije od  $1600 \text{ min}^{-1}$ .

S druge strane, može se konstatovati da se u većini opita najbolja iskoršćenja minerala bakra ostvaruje kod konstantne potrošnje vazduha 400 l/čas pri obrtaju rotora  $1600 \text{ min}^{-1}$  (tablica 1 i 2).

### Zaključak

Laboratorijska istraživanja pokazala su da i stepen dispergovanja vazduha unutar pulpe ima uticaja na tehnološke rezultate flotiranja pri konstantnoj količini ulaznog vazduha. Ovaj uticaj je utoliko veći, ukoliko se radi sa nižim brojem obrtaja od  $1600 \text{ min}^{-1}$ , što znači da niža disperzija vazduha negativno utiče na rezultate flotacije.

Prema rezultatima ostvarenim radom u laboratorijskoj flotacijskoj mašini može se sa sigurnošću tvrditi da je optimalna aeracija pulpe ostvarena pri potrošnji vazduha od 400 l/h.

Prikazani rezultati ispitivanja upućuju na neophodnost da se utvrde i drugi parametri koji uslovjavaju uticaj aeracije na tehnološke rezultate. Od tih parametara ističu se: gustina pulpe, finoća mlevenja rude i pH vrednost sredine.

### SUMMARY

#### Investigations into the Technological Effects of Pulp Aeration Rate During Laboratory Flotation of Deposit Majdanpek Ore Copper Minerals

According to the results achieved during operation in a laboratory machine, one may safely state that optimum pulp aeration was realized at air consumption of 400 l/h.

The presented test results indicate the necessity of determining also other parameters causing the effect of aeration on technological results such as: pulp density, ore grinding fineness and medium pH value.

### ZUSAMMENFASSUNG

#### Die Prüfung vom technologischen Einfluss des Belüftungsgrades der Trübe bei Laboratoriumsflotation von Kupfermineralen aus dem Erz der Lagerstätte Majdanpek

Nach den Ergebnissen mit dem Laboratoriumsgerät kann man mit der Sicherheit behaupten, dass die optimale Belüftung der Trübe bei Luftverbrauch von 400 l/h erreicht ist.

Die dargestellten Prüfungsergebnisse weisen auf die Notwendigkeit zu um auch andere Kennwerte festzustellen, welche den Belüftungseinfluss auf die technologische Ergebnisse, so wie die Trübendichte, die Feinmahlung von Erz und den pH-Wert des Mittels bedingen.

### РЕЗЮМЕ

#### Исследование технологического значения степени аэрированности пульпы при лабораторной флотации медных минералов из руды месторождения Майданпек

Согласно результатам, полученным при работе на лабораторной установке можно с уверенностью утверждать, что оптимальная аэрация пульпы получена при расходе воздуха 400 л/час.

Полученные результаты исследования указывают на необходимость установления и других параметров, которые обуславливают влияние аэрации на технологические результаты, такие как: плотность пульпы, степень измельчения руды и pH значения среды.

UDK 622.273.2 : 622.765.004.8

Originalni naučni rad  
– primenjeno–razvojni

## MOGUĆNOST PRIMENE FLOTACIJSKE JALOVINE ZA ZASIPAVANJE OTKOPA U RUĐNIKU TREPČA – STARI TRG SA ASPEKTA NJENE SKLONOSTI KA OKSIDACIJI

(sa 1 slikom)

Dr inž. Aleksandar Ćurčić

### Uvod

Rudnik Trepča – Stari Trg u programu racionalizacije tehnologije otkopavanja ispituje mogućnost da postojeće metode otkopavanja sa suvim zapunjavanjem otkopanog prostora zameni hidrauličnim zapunjavanjem uz korišćenje flotacijske jalovine kao osnovnog materijala za zasip. Ova, sa stanovišta eksploatacije, pozitivna intencija može, sa druge strane, da nameće mogućnost potenciranja razvijanja oksidacionih procesa, s obzirom da flotacijska jalovina sadrži relativno velike količine sulfidnih minerala pirita i pirhotina.

Tokom dosadašnjeg otkopavanja u ležištu Stari Trg primenjuju se iste metode sa manjim izmenama i to:

- komorno otkopavanje u horizontalnim etažama i
- otkopavanje rude sa kvadratnim slogovima u horizontalnim etažama odozdo nagore sa zapunjavanjem.

Komorno otkopavanje sa zasipom je glavna metoda, a druga varijanta, sa kvadratnim slogovima, služi kao pomoćna metoda pri otkopavanju međuhorizontnih ploča i nekih blago nagnutih rudnih tela sa velikim sadržajem metala u rudi i

povećanim pritiscima. Pojave opasnih požarnih manifestacija uglavnom se javljaju kod prve metode. U eksploracionom delu ležišta Stari Trg, u periodu od 1964. do 1970, bilo je više slučajeva opasnih oksidacionih procesa na V, VII i VIII horizontu.

U svim slučajevima većih zagrevanja, vazduh na otkopima bio je zasićen vlagom od 90–100%. Ventilacioni i mikroklimatski uslovi bili su nepovoljni, odnosno količine vazduha nisu bile dovoljne da smanje vlažnost i odvedu toplotu.

Pretežno svi otkopi su se nalazili u rudnim telima sa sadržajem pirhotina i pirita od 20–50%.

Ranija iskustva su pokazivala da oborenna ruda na otkopima sa većim sadržajem pirita i pirhotina, ukoliko se nalazi u uslovima vlažne radne sredine, i ako se ne transportuje nekoliko dana, prouzrokuje požarne manifestacije različitog intenziteta.

Prema postavljenom zadatku, flotacijska jalovina treba da sadrži pirit, pirhotin i druge minerale u takvim količinama da oni ne mogu da izazovu samozapaljenje ugrađene jalovine u otkopima, odnosno da dovedu do takvog stepena oksidacije pri kome se razvijaju škodljivi gasovi u količinama koje bi ugrozile zaposleno osoblje. Isto tako je

upozorenje, a prema iskustvima rudnika koji primenjuju flotacijsku jalovinu za zasipni materijal, da se tolerišu gornje granice sadržaja pirita 30% i pirhotina 4% zavisno od sklonosti ovih minerala ka oksidaciji.

Sva izvršena ispitivanja imala su cilj da utvrde gornje granice ovih minerala flotacijskoj jalovini, a da pri tome ne dođe do razvijanja opasnih oksidacionih procesa.

Objavljanje ovih rezultata ima cilj da upozna stručnu javnost o postignutim rezultatima istraživanja i upozori na eventualnu mogućnost razvijanja opasnih oksidacionih procesa u toku eksploatacije sa hidrauličnim zapunjavanjem otkopa flotacijskom jalovinom.

### Metodologija ispitivanja

Metoda kojom je izučavana oksidacija sulfidnih ruda zasnovana je na brzini sorpcije kiseonika iz vazduha. Značajne radove o ovoj metodi objavili su: B.C. Veselovski, Orleanska, N.D. Alekseeva i dr. Za nas je posebno značajno što su ovi autori svoja istraživanja usmerili u pravcu razjašnjavanja brzine oksidacije pojedinih sulfidnih minerala bez upotrebe hemijskih reagenasa. Oksidaciju su vršili na uzorcima rude u suvoj i vlažnoj sredini na različitim temperaturama.

U literaturi je opisano više metoda određivanja sorpcije kiseonika kod raznih sulfidnih minerala. Međutim, kod svih ovih metoda, minerali su tretirani u tečnoj sredini ili na povišenim temperaturama. Proučavajući ove metode izabrali smo metodu Veselovskog, jer je ona najpribližnija našem zadatku. Po ovoj metodi se utvrđuje brzina reakcije sulfidnih minerala sa kiseonikom iz vazduha pri konstantnoj zapremini vazduha i težini uzorka. Zapravo, ova metoda utvrđuje oksidaciju sulfidnih minerala pod uticajem suvog i vlažnog vazduha pri temperaturi okoline od 25°C.

Uslovi pod kojima su vršena istraživanja brzine oksidacije pirita i pirhotina u flotacijskoj jalovini

Utvrđivanje brzine sorpcije kiseonika od strane ispitivanih minerala u flotacijskoj jalovini zavisi od više faktora kao što su:

### – Koncentracija kiseonika

Ispitivanja su vršena sa vazduhom gde je kiseonik bio uvek zastupljen sa 20,9% ili 0,209 ml.

### – Temperatura istraživanja

Poznato je da temperatura radne sredine utiče na sorpciju kiseonika. Odlučili smo da temperatura bude 25°C, jer je ta temperatura približna jamskim uslovima na radilištima.

### – Granulacija uzorka

Brzina sorpcije kiseonika umnogome zavisi od veličine zrna uzorka i raste što je veća usitnjenost. U ovom slučaju granulometrijski sastav uzorka je uslovjen veličinom zrna i kreće se od 1,2 do 0,074 mm. Najveće je učešće jalovine –0,074 mm.

### – Vlažnost uzorka

Prisustvo vode povećava brzinu oksidacije. U ovom slučaju uzorci su vlažni.

### Metodologija laboratorijskih istraživanja

U posudu tačno određene zapremine stave se prvo staklene kuglice, a potom istraživani uzorak. Sud se hermetički zatvori i stavi u termostat. Posle određenog vremena posuda se vadi iz termostata i pomoću vakuum pumpe uzima proba gasa za analizu, jer u posudi dolazi do pada pritiska usled reakcije kiseonika sa mineralima istraživanog uzorka jalovine. Zatim se kroz sud propusti vazduh, doda li ne voda, i ponovo hermetički zatvori, te vrati u termostat. Vreme trajanja celokupnog opita zavisi od hemijske aktivnosti uzorka, tj. što je ona veća, opit duže traje.

Učestalost uzimanja uzorka gasa za analizu takođe zavisi od hemijske aktivnosti uzorka i to: ukoliko je aktivnost izraženija, učestalost je veća.

Brzina oksidacije ispitivanog uzorka za određeni interval vremena izračunava se na osnovu sledećeg odnosa:

$$U = \frac{-V}{H \cdot t} \ln \frac{I - Co/Ca}{Co / I - Ca}$$

gde je:

V – zapremina posude svedena na normalne uslove u ml

H – težina ispitivanog uzorka u g

t – vreme kontakta kiseonika sa istraživanim uzorcima u časovima

Co – zapremina kiseonika u vazduhu u ml

Ca — zapremina kiseonika iz posude posle reakcije sa raznim mineralima u ml.

Prema tome, brzina oksidacije ima sledeće dimenzijs:

$$U = \text{ml/g čas}$$

Pri konstantnoj zapremini posude i težini istraživanog uzorka može se već po količini izgubljenog kiseonika odrediti veličina brzine oksidacije.

#### Uzimanje i priprema uzorka za analizu

Svi uzorci za istraživanje hemijskih aktivnosti flotacijske jalovine uzeti su komisijski u cilju izrade studije „Mogućnost korišćenja flotacijske jalovine za zasipavanje otkopa u Starom Trgu“.

Uzorak 1 je uzet samo pri tretiranju rude iz Starog Trga, posle flotiranja minerala olova i cinka, i magnetske koncentracije pirhotina i flotiranja pirita, kao otok zadnjeg ciklusa prerađe (konačna jalovina). Uzorkovanje je vršeno kontinualno, a uzorkovan je pesak hidrociklona. Hidrociklon je bio tako podešen da je davao maksimalnu količinu frakcije peska. U određenim vremenskim intervalima uzimani su i uzorci ostalih proizvoda (ulaz, preliv i pesak hidrociklona) radi određivanja granulometrijskog sastava, hemijskih analiza i specifične težine, uz praćenje gustine uzorkovanih proizvoda.

Od srednjeg uzorka peska dobijenog u toku jedne smene za ispitivanje oksidacije uzet je filtriran uzorak sa masom od 1 kg.

Uzorak br. 2 je prosečan uzorak peska flotacijske jalovine bez prethodnog odvajanja pirita ( $\text{FeS}_2$ ) i pirhotina ( $\text{FeS}$ ).

Uzorak br. 3 je koncentrat pirita uzet sa trake.

Uzorak br. 4 je koncentrat pirhotina  $\text{FeS}$  uzet sa zgušnjivača.

Uzorci br. 5 i br. 5a su kompoziti pripremljeni u laboratoriji od uzorka br. 1 i uzorka br. 4.

Uzorak br. 6 je kompozit pripremljen u laboratoriji i to tako što je uzorku br. 2 (pesak bez odvajanja pirita i pirhotina) dodato 20% elektrofiltrskog pepela iz TE Kosovo.

Uzorak br. 7 je kompozit pripremljen u laboratoriji i to tako što je uzorku br. 2 (pesak bez

odvajanja pirita i pirhotina) dodato 20% šljake iz TE Zvečan.

Uzorak br. 8 je prosečan uzorak flotacijske jalovine koja se upotrebljava za zapunjavanje otkopanih prostora u jami Bor.

Svi uzorci, uzeti u flotaciji Stari Trg i u Boru za ispitivanje sklonosti jalovine ka oksidaciji, bili su hermetički zatvoreni u staklene posude. Uzorci su otvarani neposredno pred početak ispitivanja.

#### Rezultati laboratorijskih ispitivanja

Na uzorku br. 1 vršena su u Rudarskom institutu i sva ostala ispitivanja (problem ocedivanja, nosivosti, hidrauličnog transporta dr.) te on predstavlja i osnovni uzorak koji je detaljno analiziran.

Rezultati hemijskih analiza prikazani su u tablici 1, a granulometrijski sastav u tablici 2.

Najveći procenat krupnoće je zastupljen u frakcijama od  $-0,074 \text{ mm}$ , 22,2% i  $+0,208 \text{ mm}$ , 17,40%. Ovo su relativno sitne frakcije, izrazito podložne oksidaciji.

Rezultati ispitivanja brzine oksidacije uzorka 1 dati su na dijagramu sl. 1 — kriva br. 2.

Maksimalna oksidacija iznosila je  $0,0488 \text{ ml/g čas}$  posle 70 časova ispitivanja.

Deo uzorka 1 bio je hermetički zatvoren u staklenu posudu, pa su ispitivanja ponovljena da bi se utvrdio stepen oksidacije ovog uzorka.

Rezultati ovih ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1 — kriva br. 3. Maksimalne oksidacije iznosile su  $0,0255 \text{ ml/g čas}$  posle 50 h ispitivanja.

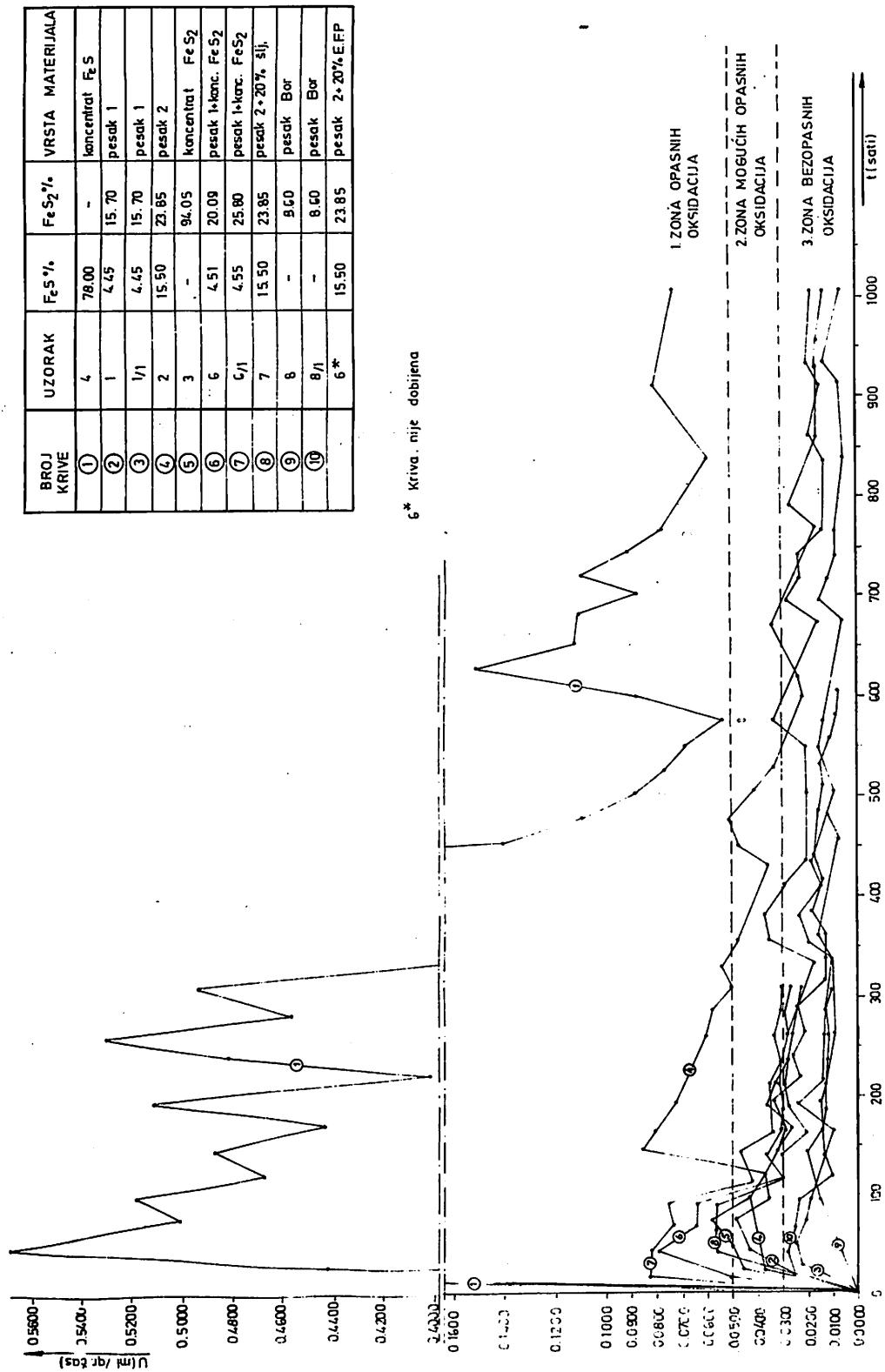
Uzorak br. 2 ispitana je pod istim uslovima kao i uzorak br. 1. Ovaj uzorak je prosečan uzorak peska flotacijske jalovine bez prethodnog odvajanja pirita i pirhotina.

Prema hemijskim analizama uzorak je sadržavao 23,85% pirita i 15,5% pirhotina.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1, kriva br. 4.

Maksimalna registrovana vrednost oksidacije

9



**Hemijske analize – uzorak**

Tablica 1

Naziv probe	Pb	Zn	% Fe	CaO	S	Mn	% SiO <sub>2</sub>	% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% MgO	F <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	FeS	Specifična težina g/cm <sup>3</sup>
Pesak-	—	—	21,20	42,50	10,80	3,85	10,74	7,66	2,87	15,73	4,36	3,32
Ulaz	0,22	0,27	20,70	42,80	10,75	3,69	10,58	7,10	3,03	15,00	4,45	3,29
Preliv	—	—	19,80	—	—	3,61	8,12	6,45	—	12,95	4	3,12
Ulaz u ciklon. flot.	6,88	4,25	26,00	—	—	9,38	9,38	—	—	15,90	31,30	

Tablica 2

Otvor sita		Ulaz		Pesak-		Preliv		Ulaz u flot.	
meš.	mm	% dir.	% kum.	% dir.	% kum.	% dir.	% kum.	% dir.	% cen.
+ 10	+1,646	—	—	—	—	—	—	—	—
+ 14	+1,175	0,20	0,20	0,60	0,60	—	—	—	—
+ 20	+0,833	0,80	1,00	1,80	2,40	—	—	0,10	0,10
+ 28	+0,587	2,40	3,40	4,00	6,40	0,40	0,40	1,20	1,60
+ 35	+0,417	5,20	8,60	8,20	14,60	0,60	1,00	2,40	4,00
+ 48	+0,295	6,60	15,70	11,20	25,80	1,00	2,00	4,40	8,40
+ 65	+0,208	12,20	27,40	17,40	43,20	3,00	5,00	8,00	16,40
+100	+0,147	10,40	37,80	13,40	56,60	3,80	8,80	10,40	26,80
+150	+0,104	9,20	47,00	11,60	68,20	5,00	13,80	10,40	37,20
+200	+0,074	8,60	55,60	9,60	77,80	5,00	18,80	8,80	46,00
-200	-0,074	44,40	100,00	22,20	100,00	81,20	100,00	54,00	100,00

iznosila je 0,0854 ml/g čas posle 121 časa ispitivanja.

Uzorak br. 3 je prosečni uzorak pirita. Prema hemijskim analizama uzorak je sadržavao 94,05% pirita.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1, kriva br. 5.

Maksimalna oksidacija iznosila je 0,0580 ml/g čas posle 75 časova ispitivanja.

Uzorak br. 4 je prosečan uzorak pirhotina. Prema hemijskim analizama uzorak je sadržavao 78% pirhotina.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1, kriva br. 1.

Maksimalna oksidacija iznosila je 0,5674 ml/g čas posle 49 časova ispitivanja.

Ispitivanje na uzorcima pripremljenim u laboratorijski

u takvim količinama da oni ne mogu da izazovu samozapaljenje ugrađene jalovine u otkopima, odnosno da dovedu do stepena oksidacije pri kome se razvijaju škodljivi gasovi u količinama koje bi ugrozile zaposleno osoblje.

Da bi se rešio ovaj zadatak izvršena je priprema uzorka u laboratorijskim uslovima sa različitim sadržajem pirita i pirhotina.

Osnovni uzorak za pravljenje kompozita bio je uzorak br. 1.

Uzorak br. 6 pripremljen je od uzorka peska flotacijske jalovine posle odvajanja pirita, pirhotina i koncentrata pirita. Sadržaj pirita u uzorku iznosio je 20,09% a pirhotina 4,51%.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1, kriva br. 6.

Maksimalna oksidacija iznosila je 0,0794 ml/g čas posle 42 časa ispitivanja.

Uzorak br. 6/1 pripremljen je kao i uzorak br. 5. Sadržaj pirita u uzorku iznosio je 25,80% a pirhotina 4,55%.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1, kriva br. 7.

Maksimalna oksidacija iznosila je 0,0831 ml/g čas posle 18 časova ispitivanja.

#### Ispitivanja na uzorcima sa dodatkom inertnih materija

Za ispitivanja, vršena radi utvrđivanja nosivosti flotacijske jalovine, korišćeni su kao vezivna sredstva elektrofiltrarski pepeo iz TE Kosovo i šljaka iz TE Zvečan. Isti materijali i u istim odnosima korišćeni su i za ispitivanje njihovog uticaja na stepen i brzinu oksidacije, što je predmet ovih istraživanja.

Uzorak br. 6 pripremljen je od uzorka br. 2 (pesak flotacijske jalovine bez odvajanja pirita i pirhotina) sa dodatkom 20% elektrofiltrarskog pepela iz TE Kosovo.

Rezultati ispitivanja su pokazali da ovako pripremljen uzorak nije imao merljivu veličinu oksidacije.

Uzorak br. 7 pripremljen je, takođe, od uzorka br. 2 i 20% šljake iz TE Zvečan.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1, kriva br. 8.

Maksimalna oksidacija iznosila je 0,0571 ml/g čas posle 42 časa ispitivanja.

#### Ispitivanja jalovine iz flotacije Bor

Radi upoređenja rezultata ispitivanja izvršenih sa jalovinom iz flotacije Zvečan vršena su uporedna ispitivanja i sa jalovinom koja se upotrebljava za zapunjavanje otkopanih prostora u jami Bor.

Jalovina iz flotacije Bor – uzorak br. 8 – sadržavala je 8,62% pirita.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu br. 1, kriva br. 9.

Maksimalna oksidacija iznosila je 0,0287 ml/g čas posle 200 časova ispitivanja.

Ispitivanje uzorka br. 8 ponovljeno je i on je tretiran kao uzorak 8/1.

Rezultati ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1, kriva br. 10.

Maksimalna oksidacija iznosila je 0,0280 ml/g čas posle 50 časova ispitivanja.

Dobijeni rezultati uzorka br. 8 i br. 8/1 su približno identični.

#### Interpretacija skupnih rezultata ispitivanja

Brzina oksidacije flotacijske jalovine iz flotacije Stari Trg utvrđivana je na 10 uzoraka. Skupni rezultati svih ispitivanja prikazani su na dijagramu sl. 1. Na ovom dijagramu obeležene su tri zone opasnosti i to:

#### Zona opasnih oksidacija

Zona opasnih oksidacija je oblast na dijagramu u kojoj su svi rezultati ispitivanja brzine oksidacije veći od 0,0500 ml/g čas. Ova granica uzeta je na osnovu rezultata ispitivanja brzine oksidacije sulfidnih minerala iz rudnika Trepče<sup>1)</sup>. Ispitivanja su vršena pod mikroklimatskim uslovima koji vladaju u jami.

Rezultati ispitivanja su potvrdili da ukoliko je hemijska aktivnost rude veća od 0,0500 ml/g čas dolazi do pojave opasnih oksidacionih procesa u jami.

Ispitivanjem flotacijske jalovine utvrđeno je da uzorci br. 2, 5, 5/1 i 7 imaju veoma izraženu hemijsku aktivnost i da se u određenom vremenskom intervalu nalaze u zoni opasnih oksidacionih procesa, kako je to prikazano na dijagramu sl. 1.

#### Zona mogućih opasnih oksidacija

Ovu zonu karakteriše oblast u granicama oksidacije između 0,0300 ml/g čas i 0,0500 ml/g čas.

Ova zona nije karakteristična za pojavu opasnih oksidacionih procesa u uslovima hidrauličnog zapunjavanja otkopanih prostora. Međutim, ukoliko bi došlo do naglog ocedivanja zamuljenog prostora u vremenu od 24 do 48 časova, postojala bi eventualna mogućnost za razvijanje opasnih oksidacija. U fazi probnog rada na hidrauličnom zasipavanju u jami treba ovu pretpostavku provjeriti.

1) Studija nastajanja endogenih požara u olovo–činkanom ležištu Stari Trg RMHK – Trepča – 1968 – Rudarski institut Beograd (rezultati objavljeni u publikaciji „Deset godina RI – Beograd“).

U ovoj zoni nalazi se uzorak 1 i to u vremenskom intervalu od oko 150 časova od početka ispitivanja, a zatim pada u zonu bezopasnih oksidacija.

#### Zona bezopasnih oksidacija

Ovu zonu karakteriše oblast oksidacija do  $0,0300 \text{ ml/g čas}$ . Hemijska aktivnost do ove granice ne može da izazove opasne oksidacione procese.

Rezultati ispitivanja su potvrdili da se u ovoj zoni nalaze uzorci br. 1/1, 6, 8 i 8/1.

#### Zaključak

Jalovina iz flotacije Stari Trg posle odvajanja FeS i FeS<sub>2</sub> može se upotrebiti za zapunjavanje otkopanih prostora, a da ne izazove autooksidacijom opasne oksidacione procese. Jedna proba ovog uzorka svrstana je u grupu eventualno mogućih pojava opasnih oksidacionih procesa, pa je potrebno kod probnog otkopavanja sa hidrauličnim zapunjavanjem, ukoliko se primeni jalovina sa karakteristikama kao u uzorku 1, vršiti praćenje eventualnih pojava opasnih oksidacionih procesa.

Jalovina iz flotacije Zvečan pre odvajanja pirita i pirhotina (uzorak 2) uz dodatak 20% elektrofiltrarskog pepela iz TE Kosovo može se upotrebiti za zapunjavanje otkopanih prostora bez opasnosti da dođe do razvijanja opasnih oksidacionih procesa.

Gornja granica sadržaja pirhotina (FeS), ukoliko se jalovini ne dodaju inertne materije, ne sme da bude veća od 4–4,5%.

Gornja granica sadržaja pirita (FeS<sub>2</sub>) treba da se kreće u granicama 15–20% zavisno od sadržaja pirhotina.

Jalovina bez odvajanja pirita i pirhotina uz dodatak 20% EF pepela – TE Kosovo nije uopšte pokazala sposobnost oksidacije, pa je preporučljivo nastaviti ispitivanja i utvrditi koji je to minimum dodatka pepela, koji utiče da ne dođe do opasnih oksidacionih procesa.

Ova ispitivanja su interesantna u slučaju da treba obezbediti veće količine jalovine za zasip, uz minimum dodatka inertne materije koju treba transportovati sa strane.

Kod mokrog zapunjavanja otkopnih radilišta flotacijskom jalovinom, opasne oksidacije mogu da se javi i kod rude koja se otkopava, najčešće pri otkopavanju rudnih tela bogatih pirhotinom i piritom i to kada se obori veća količina sitnije rude na kontaktima sa škriljcem na vlažnu sredinu svežeg nedovoljno ocenjenog zasipa.

Pri projektovanju tehnologije otkopavanja treba predvideti, s obzirom na vlažnost radne sredine, da se oborena ruda na otkopima sa većim sadržajem pirhotina transportuje sa radilišta u toku od 10 do 24 časa.

#### SUMMARY

#### Conditions for Application of Flotation Tailings for Stopes Backfilling in Mine Trepča – Stari Trg from the Aspect of Its Oxidation Tendency

In its program for rationalization of mining technology, Mine Trepča – Stari Trg is testing the possibility to replace the current mining method with dry stowing of mined out areas with hydraulic backfilling using flotation tailings as the basic stowing material. This, from the standpoint of exploitation, positive intention gives rise to the possibility of emphasizing the development of oxidative processes since the flotation tailings contain relatively large amounts of sulphide pyrrhotine and pyrite minerals.

The paper presents the results of testing flotation tailings oxidation and the estimated possibility of its use for hydraulic backfilling of mined out areas.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Die Bedingungen bei der Anwendung von Flotationsberge für den Abbauversatz in der Grube Trepča – Stari Trg mit Hinsicht der Neigung zur Oxydation

Die Grube Trepča – Stari Trg versucht in ihrem Rationalisierungsprogramm der Abbautechnologie die Möglichkeit vom Umstalten der bestehenden Abbaumethoden mit dem Trockenversatz der abgebauten Räume auf hydraulische Füllung mit Flotationsbergen als Grundmaterial für den Versatz. Diese, im Hinblick der Gewinnung, positive Absicht legt die Möglichkeit der Potenzierung von der Entwicklung der Oxydationsprozesse auf, mit Rücksicht dass die Flotationsberge relativ grosse Mengen der Sulfidminerale von Magnetkies und Pyrit enthalten.

In diesem Absatz sind die Ergebnisse der Oxydationsversuche von Flotationsbergen gegeben und es ist die Möglichkeit ihrer Verwendung für den hydraulischen Versatz der Abbae bewertet.

## РЕЗЮМЕ

### Возможности применения флотационных занядочных материалов для засыпки в руднике Трепча — Стари Трг с аспекта их предрасположенности и окислению

Рудник Трепча — Стари Трг в программе рационализации технологии разработки исследуют возможность того, чтобы существующие методы выемки с сухой занядной призабойного пространства заменить гидравлической занядной с применением хвостов мокрого обогащения в качестве основного материала для занядки. Эта, с точки зрения эксплуатации положительная сторона, предоставляет возможности ускорения развития окислительных процессов с учетом того, что хвосты мокрого обогащения содержат относительно великие количества сульфидных минералов пирротина и пирита.

В статье даны результаты исследования окисления хвостов мокрого обогащения и оцenna возможности их применения для гидравлической засыпки забоя.

UDK 622.82 : 594.3.094.3  
Originalni naučni rad  
— primenjeno-razvojni

## PROBLEMI SAMOOKSIDACIJE SULFIDNE RUDE U JAMI AJVALIJA

(sa 2 slike)

Dipl. inž. S l a v k o K i s i c

### Uvod

Samooksidacija sulfidnih ruda u rudnicima SFRJ sve više postaje problem koji zahteva znatno više pažnje ne samo stručnjaka koji se bave problemima zaštite, već i stručnjaka koji se bave ostalom problematikom, a posebno otkopavanjem. Na to ukazuje i primer rudnika Ajvalija, u kome samooksidacija sulfidne rude predstavlja jedan od najtežih problema zaštite.

U članku je prikazan razvoj samooksidacije sulfidne rude u jami, tehnička rešenja koja se primenjuju za sanaciju nastalog požara sa otvorenom vatrom i tehnička rešenja za sprečavanje nastajanja novih požara.

Pojava intenzivne samooksidacije sulfidne rude u jami Ajvalija nije nova stvar. Prve pojave zabeležene su pre 30 godina, odnosno gotovo u istovreme kada je i počelo otkopavanje rude. Te pojave sa kraćim prekidima traju do danas, a karakterišu se većim ili manjim zagrevanjem rude. Pored toga, česte su pojave CO, CO<sub>2</sub> i SO<sub>2</sub>. U dva slučaja intenzitet samooksidacije rude bio je takav da je doveo i do požara sa otvorenom vatrom, dimom i velikom količinom štetnih gasova.

Radi boljeg sagledavanja samooksidacije sulfidne rude u jami Ajvalija i tehničkih rešenja za sanaciju i sprečavanje požara dat je kratak prikaz geologije ležišta, mineraloškog sastava rude, otvaranja ležišta i otkopavanja.

### Geologija ležišta

Rudno ležište Ajvalija nalazi se u seriji jako ubranih metamorfnih stena sastavljenih od sericit-skih, kvarcsericitskih i hloritskih škriljaca sa većim i manjim proslojcima i interkalacijama kristalastih krečnjaka. Cela serija čini zonu svetlih škriljaca, čija je moćnost u horizontalnom preseku 200 m i ograničena je podinskim i povlatnim filitima.

Zona svetlih škriljaca orudnjena je ili mineralizovana sa Zn, Fe, Pb sulfidima i Mn i Fe karbonatima.

Rudna tela locirana su u škriljcu nedaleko od kontakta svetli škriljac — filit, ređe na samom kontaktu škriljac — filit i u krečnjačkom horizontu.

Rudna tela imaju nepravilan oblik i promenljivi ugao pada.

Metasomatsko potiskivanje krečnjačkih sočiva i deponovanje korisnih minerala je najznačajniji oblik orudnjenja. Manje značajna orudnjenja javljaju se i na sledeća dva načina:

- zapunjavanjem slobodnih prostora, pukotina i prslina i
- u vidu impregnacija u škriljcima.

Rudna tela spadaju u grupu manjih rudnih tela sa površinom 50–800 m<sup>2</sup>, promenljive moćnosti

po pružanju i po padu. Moćnost rudnih tela retko kada prelazi 20 m. Karakteristično je za sva rudna tela da su usled rasedanja i boranja kojima su zahvaćene stene rudonosne zone, izrasedane i pomerene duž raseda po pružanju i po padu.

Ruda sadrži veliki procenat Pb i Zn metala, pri čemu ima znatno više Zn. Najzastupljeniji sulfidni minerali su: pirit, markasit, sfalerit, halkopirit, galenit i pirhotin. Tipičan uzorak rude u jami Ajvalija predstavlja rudni agregat sa gnezdasto-masivnim koncentracijama sfalerita (5 – 20%),  $\text{FeS}_2$  (oko 15%) i galenita (oko 5%).

Mikrosastav i odnosi u unutrašnjoj građi su mineralne komponente: pirhotin, (pojedinačna zrna u vidu zaostalih relikata), pirit, markasit, sfalerit, galenit, karbonatna osnova i kvarc (2–3%).

Markasit je najzastupljenija komponenta među Fe-sulfidima (oko 90%). Javlja se u vidu ideomorfnih krupnozrnih ili srednjozrnih uzdužnih lamenarnih agregata ili kao sitnozrna masa. Najveći deo ove komponente predstavlja paraformu po piritu nastalu transformacijom u endogenim (ispod  $150^{\circ}\text{C}$ ) ili egzogenim uslovima. Veoma su izražene

pojave potiskivanja markasita endogenim karbonatima. Po periferiji agregata ili duž prslina vide se sekundarne oksidacione transformacije (sulfatizacija, limonitizacija).

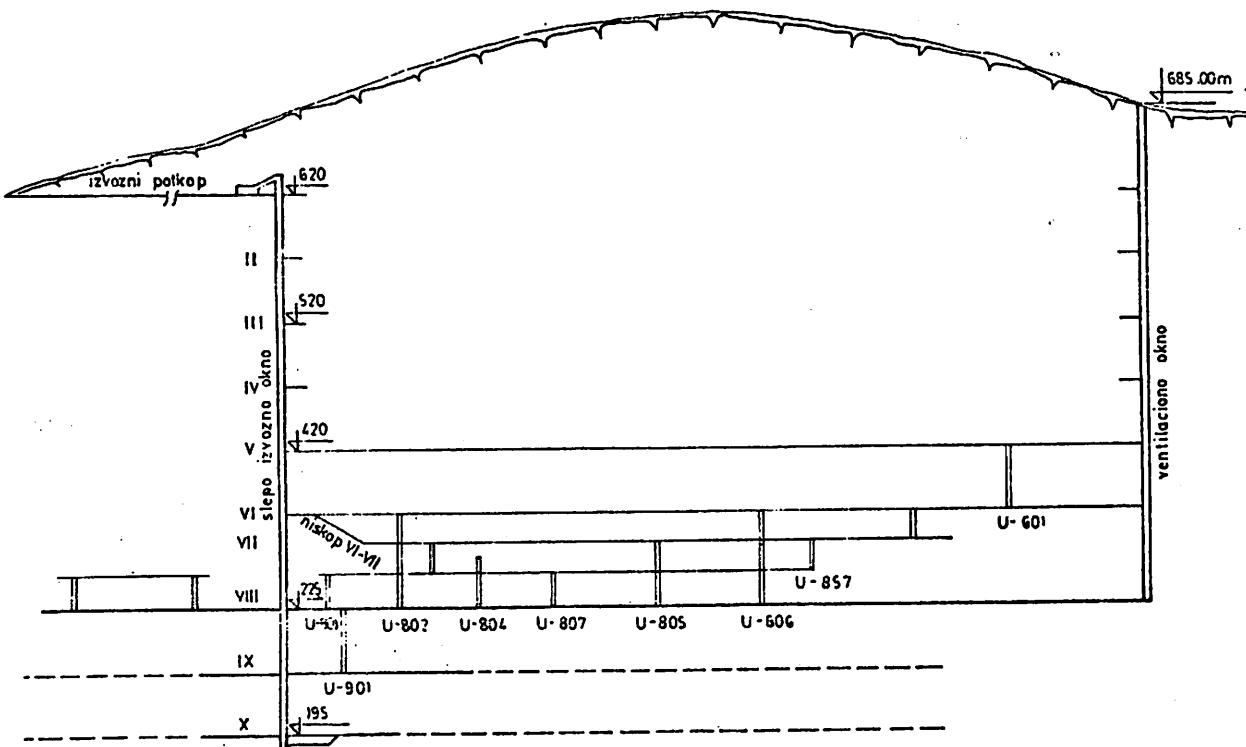
### Otvaranje ležišta

Jama Ajvalija otvorena je izvoznim potkopom dugačkim oko 1100 m, na nivou I-og horizonta i slepim izvoznim oknom dubine 425 m, do nivoa X-og horizonta. Prvobitna jama Ajvalija je bila otvorena i jednim izvoznim oknom, koje je kasnije rekonstruisano u ventilaciono okno i produbljeno do nivoa VIII-og horizonta. Šematski prikaz jame Ajvalija vidi se na sl. 1. Visinska razlika između horizonata je po 50 m.

S obzirom da rudna tela najčešće zaležu blago ( $350\text{--}400$ ), između horizonata se izrađuju međuhorizonti. Visinska razlika između horizonata i međuhorizonta je po 25 m. Međuhorizonti se ne povezuju direktno sa izvoznim oknom.

### Otkopavanje ležišta

Otkopavanje rude u jami Ajvalija vrši se u delu između VIII horizonta i VIIIa međuhorizonta.



Sl. 1. — Šema objekata otvaranja u jami Ajvalija.

Otkopavanje se vrši metodom podetažnog otkopavanja sa zarušavanjem krovne rude. Naime, iz podinskog izvoznog hodnika na međusobnom razmaku od po 60 m po pružanju orudnjenja rade se (rudarsko—prolazno—transportni) uskopi do nivoa međuhorizonta. Zapravo, za svaki otkopni blok izrađuje se po jedan trodelni uskop. Uskopi se obavezno podgrađuju hrastovom oblogom građom na „šrot“. Kao po pravilu, svi uskopi su celom dužinom izrađeni po rudi. Iz ovih uskopa izrađuju se smerni otkopni hodnici do granice otkopavanja između blokova (ili do iskljinjenja orudnjenja). Smerni otkopni hodnici iz susednih blokova se, po pravilu, međusobno spajaju. Tamo gde je moćnost rudnog tela veća, iz smernih otkopnih hodnika izrađuju se najpre prečni otkopni hodnici na međusobnom razmaku od po 4 m od ose do ose hodnika. Dužina prečnih otkopnih hodnika određena je moćnošću rudnog tela. Po izradi prvog prečnog otkopnog hodnika, koji je najbliži granici otkopavanja, pristupa se dobijanju rude iz boka prema starom radu, a potom iznad krova otkopa.

Ruda se iz krova otkopa dobija bušenjem kosih minskih bušotina do starog rada i miniranjem pojasa rude u krovu otkopa, širine 1–2 m. Po miniranju ruda iz krova otkopa pada na nivo poda otkopnog hodnika i na kosinu stvorenu od jalovine iz krovine otkopa. Oborenna ruda se utovaruje, obično mehaničkim utovarno—transportnim mašinama, proizvod firme Atlas Copco tip T<sub>2</sub>GH, i transportuje do rudnog odeljenja trodelnog uskopa, gde se istovaruje. Sa zarušavanjem krovine otkopa stvara se zona zarušavanja u kojoj stalno dolazi do sleganja izdrobljenog, jalovog materijala iz krovine otkopa. Po završetku otkopavanja u jednom prečnom otkopnom hodniku počinje izrada novog, susednog, prečnog otkopnog hodnika. Otkopavanje na jednom nivou može biti i dvokrilno. Za vreme dok se vrši otkopavanje na jednom nivou, vrši se izrada smernog otkopnog hodnika na 5 m nižem nivou. Tako se, znači, u jednom intervalu od 25 m visine izrađuje po 5 podetažnih nivoa.

Sa obaranjem rude iz krova otkopa neminovno dolazi i do gubitaka rude, a posebno u slučajevima kada jalovina iz starog rada zatrpa oborenu rudu.

Kad se završi otkopavanje na jednom podetažnom nivou ne vrši se likvidacija dela trodelnog uskopa iznad tog nivoa, već se uskop još neko vreme koristi za vezu sa višim nivoima, a gde to nije moguće uskop se likvidira. No, i pri likvidaciji uskopa ostaje jedan deo rude neiskorišćen. Prema istraživanjima, do kojih je došao Ž. Đudović,

geolog u jami Ajvalija, ukupni gubici rude u jami Ajvalija pri otkopavanju metodom podetažnog otkopavanja sa zarušavanjem krovne rude iznose u proseku oko 20%.

### Problem samooksidacije sulfidne rude

Ruda u starom radu i u zoni uskopa, gde je završeno otkopavanje, ima povoljne uslove za samooksidaciju.

Da bi se utvrdili uzroci intenzivne samooksidacije sulfidne rude u jami Ajvalija, već nekoliko godina vrše se sledeća merenja:

- temperature vazduha (ts i tv)
- temperature stena i rude u buštinama
- brzine i količine vazduha za provetrvanje prostorija
- koncentracije gasova.

Sva ova merenja, izuzev koncentracija gasova koje se mere samo na radilištima, vrše se počev od ulaza u jamu pa zakљučno sa celom svakog radilišta. Sva ova merenja vrše se jednom mesečno.

Radi boljeg upoređivanja formira se dokumentacija, gde se na etažne karte unose sledeći podaci:

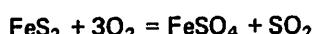
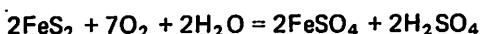
- da li je radilište u pripremi ili u otkopavanju
- da li ima vidnih pukotina, pršlina u rudi i njihovo poreklo
- konture rudnih tela
- datum kada je započeta izrada podetažnog hodnika
- dokle je radilište napredovalo za prethodni mesec dana
- datum kada je započeto zarušavanje krovne rude
- način provetrvanja radilišta
- da li vazdušna struja odlazi u stari rad (zarušeni deo otkopa) ili otuda dolazi
- da li su uskopi prohodni iznad nivoa otkopavanja i da li kroz njih struji vazduh
- izmerene brzine i količine vazduha za provetrvanje
- izmerene temperature vazduha (ts i tv), rude i pratećih stena.

Analizirajući rezultate ovih merenja i upoređujući ih sa pojavama samooksidacije sulfidnih ruda u nekim rudnicima u SSSR i u Kanadi može se zaključiti sledeće:

1. u slučajevima kada se pripremni uskopi i pripremni hodnici rade kroz jalovinu i na dovolj-

nom rastojanju od orudnjenja, nema pojavu sa intenzivnom samooksidacijom rude.

2. Proces oksidacije sulfida teče egzotermno. Sa porastom temperature u zoni zarušavanja proces oksidacije sulfida se intenzivira. Temperatura raste i dostiže kritičnu temperaturu paljenja drveta ( $150\text{--}180^{\circ}\text{C}$ ). Upaljena drvena građa ubrzava reakciju oksidacije i na taj način približava se stadijumu piritnog požara, koji nastaje pri  $450\text{--}500^{\circ}\text{C}$ . U tom stadijumu intenzivno se izdvaja  $\text{SO}_2$ . Reakcija nastajanja piritnog požara, odnosno  $\text{SO}_2$  prema literaturi teče na sledeći način:



I drugi sulfidi u rudi (sfalerit, halkopirit i dr.) takođe oksidišu, stvarajući odgovarajuće sulfate.

3. Uočeno je da je proces samooksidacije intenzivniji tamo gde ima više gubitaka rude. Čak i u delovima orudnjenja gde još nije bilo otkopavanja ima znakova samooksidacije, što se često manifestuje zagrevanjem rude, promenom boje rude, pa i pojmom gasova ( $\text{SO}_2$ ). Ovo je izraženije u delovima ležišta koja su ispresecana i bogata pukotinama i prslinama.

4. Tamo gde je ruda, pre otvaranja nižih nivoa, bila izložena vodenim rastvorima, posle ocedivanja vode brže dolazi do samooksidacije, nego u delovima ležišta gde nije bilo kretanja vodenih rastvora.

5. Ranije ocedivanje rude, usled otvaranja nižih horizonata ili međuhorizonata ubrzava samooksidaciju rude.

6. Tamo gde su rudne površine veće, veće su i mogućnosti za intenzivnu samooksidaciju rude. Isto tako, gde je visina zone zarušavanja veća, veće su i mogućnosti za pojavu intenzivne samooksidacije rude.

7. Do najintenzivnijih samooksidacija rude dolazi u zoni zarušenih uskopa koji su bili izrađeni po rudi. Neotkopani delovi rude oko zarušenog uskopa, koja je uz to ispučala, a gde nema strujanja vazduha, vrlo brzo se zagrevaju i već dva puta su doveli do pojava otvorene vatre i znatnih količina gasova i dima.

## Metode borbe s požarima u jami Ajvalija

### Gašenje otvorenih požara

Borba s požarima u jami Ajvalija u dosadašnjoj praksi sastoji se u izradi izolacionih pregrada u pristupnim prostorijama, u cilju sprečavanja dotoka vazduha u žarište požara, i u zamuljivanju prostorija zahvaćenih požarom usled samooksidacije rude.

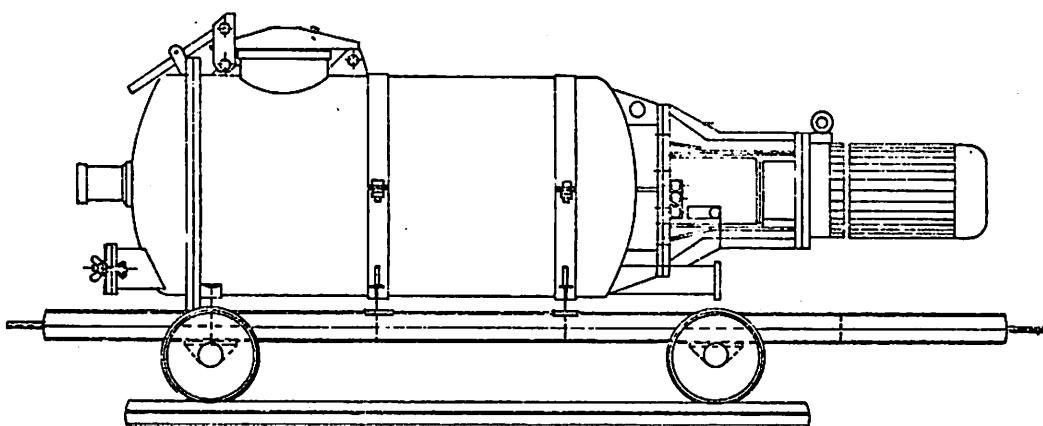
Izolacione pregrade rade se od drveta i gline. Uvek se nastoji da se pregrade postave što bliže žarištu, ali van dohvata otvorene vatre, odnosno plamena. U pregrade se, po pravilu, ugrađuju metalne cevi (u vrhu i u dnu pregrade) sa odgovarajućim ventilima. Ove cevi služe za uzimanje uzorka gasova u zoni zahvaćenoj požarom, a radi praćenja procesa gašenja požara.

Pored opisanih izolacionih pregrada izrađuju se i pregrade od izopena. Najpre se, kao i za izolacione pregrade od drveta i gline, naprave odgovarajući zaseci po obimu prostorije, a do čvrste i kompaktne stene ili rude, te se potom postave dve pregrade od oble jamske građe, dasaka i jute, na međusobnom rastojanju od najmanje 1 m. Potom se u prostor između dveju pregrada ubacuje izopen pomoću odgovarajućeg uređaja, koji od komponenti izopena spravlja penu odnosno izopen. Kada se ceo prostor zapuni do vrha prostorije, onda je posao završen, a pregrada je odmah i pre potpunog sušenja sposobna da spreči prodor vazduha u zonu zahvaćenu požarom i obratno.

Ponekad se vrši i kombinacija dveju vrsta izolacionih pregrada, pri čemu se najpre do vatre uradi izolaciona pregrada od drvenih kladica i gline, a sa spoljašnje strane i neposredno uz nju pregrada za hermetizaciju.

Posebnu teškoću u izolaciji zona zahvaćenih požarom u jami Ajvalija predstavlja metoda otkopavanja sa zarušavanjem, tim pre što se požari, po pravilu, dešavaju u zoni zarušavanja, gde je teško sprečiti dotok vazduha.

U ovim slučajevima za gašenje požara koristi se, kao što je rečeno, zamuljivanje. Zapravo, najpre se zona zahvaćena požarom izoluje, na način kao što je već opisano, a potom se mulj upumpava u prostoriju u kojoj je došlo do požara usled samooksidacije rude. Mulj se spravlja od pepela iz termoelektrane, vode i 5–10% gline. Odnos čvrsto-tečno je obično oko 1:1. Mulj se spravlja u mašini za kontinualno zabacivanje betona, zvanoj



Sl. 2 – Izgled SPIROCRET-a S1000.

**SPIROCRET.** Na mašinu se prikopčavaju gumeni creva za transport mulja, koja se prethodno povežu sa zacevijenom bušotinom. Bušotina ima obično prečnik 86 mm, što omogućava ugradnju cevi istog prečnika kao i gumenih creva za transport mulja. Bušotina se tako locira i usmerava da se njenim vrhom dopre u najvišu zonu žarišta požara. Upumpavanje mulja se vrši do potpunog zapunjavanja prostorije zahvaćene požarom usled samooksidacije rude.

Radi lakšeg manipulisanja, pepeo iz termoelektrane i gline dopremaju se u jamu u džakovima od po 50 kg.

#### Preventivne mere za sprečavanje nastajanja požara

Razvoj samooksidacije sulfidne rude u jami Ajvalija zahteva i preventivne mere za sprečavanje nastajanja intenzivnih samooksidacija i otvorenih požara. U tom smislu vodi se sve više računa da se pripremne prostorije, kao što su izvozni hodnici, pripremni uskopi i drugo rade u podini. Kad god se završi otkopavanje na nekom nivou vrši se izolovanje starog rada u cilju sprečavanja dotoka vazduha u stari rad. Vodi se računa o dinamici otkopavanja, kako bi se smanjilo vreme otkopavanja, a time i vreme za samooksidaciju rude.

Posebna preventivna mera za sprečavanje nastajanja požara usled samooksidacije sulfidne rude je zamuljivanje starog rada. Za razliku od poznatih slučajeva zamuljivanja starog rada, koje se vrši kroz bušotine ili, pak, pod pritiskom kroz brane odozdo nagore, u jami Ajvalija vrši se eksperiment zamuljivanja sa direktnim ubacivanjem mulja u stari rad.

Ovaj način zamuljivanja ne zahteva nikakve bušotine za transport mulja, niti, pak, izradu brana u otkopnim hodnicima.

Spravljanje i zabacivanje mulja vrši se pomoću pneumatske kontinualne mašine za ugrađivanje betona, tipa SPIROCRET S1000, proizvod RO METALNA INDUSTRIJA – KRIVAJA – ZAVODIĆI. Za rad maštine neophodna je potrošnja komprimiranog vazduha od 12–16 m<sup>3</sup>/min. Potreban radni pritisak komprimiranog vazduha je 6 bara. Spravljanje mulja se vrši u mešalici SPIROCRET-a. Najpre se u mešalicu doda potrebna količina vode, a onda se u vodu dodaje pepeo iz termoelektrane u količini od 9–10 džakova, po 50 kg. Kada se dobro razmuti pepeo, u mešalicu se dodaje, prethodno u drugoj posudi razmučen, 1 džak od 50 kg bentonitske gline. Odnos čvrsto – tečno treba da bude približno 1 : 1. Gusta pulpa nije dobra, jer se ne probija lako kroz oborenу jalovinu i gubitke rude. Retka pulpa, takođe, nije dobra, jer se onda pulpa razliva po otkopnom hodniku, što znatno ometa normalan rad. Najbolja je ona gustina pulpe, pri kojoj se pulpa lako probija kroz oborenu jalovinu i gubitke rude, ali se ne razliva po podu otkopnog hodnika. Transport i zabacivanje mulja vrši se kroz gumeni creva sa prečnikom  $\phi$  50 mm. Sama mašina SPIROCRET postavlja se u posebnu prostoriju, udaljenu i do 100 m od radilišta na kome se vrši zamuljivanje, a gumeni crev za transport mulja polažu se po podu pristupnih prostorija. Kraj gumenog creva drži jedan radnik i usmerava mlaz mulja. Samo zamuljivanje može se, dakle, obavljati na radilištu i u vreme kada se vrši utovr rude ili kada se vrši

bušenje minskih bušotina. Korisna zapremina SPI-ROCRET-a je  $0,8 \text{ m}^3$ .

Ovakvim zamuljivanjem postiže se sledeće:

- stvaranje filma od gline oko komada zaostale rude čime se sprečava kontakt rude s kiseonikom iz vazduha
- zapunjavanje praznih prostora u zoni zarušavanja kroz koje dopire vazduh do komada rude, koja je zaostala u starom radu
- rashlađivanje rude zahvaćene procesom samooksidacije sulfidne rude
- stvaranje jednog zaglinjenog sloja u starom radu na kontaktu sa nižim neotkopanim delovima orudnjenja. Ovaj sloj ima zadatak da spreči cirkulaciju vodenih rastvora (sulfata i dr.) produžata samooksidacije rude u niže neotkopane

delove rude, kao i da spreči strujanje vazduha kroz prsline i pukotine u neotkopanom delu orudnjenja.

U jami Ajvalija vrši se priprema za zamenu metode otkopavanja. Naime, predviđa se prelazak na metode otkopavanja sa primenom hidrozasipa i napredovanjem odozgo nagore. Kao jedan od razloga za primenu nove metode navodi se i rešenje problema samooksidacije sulfidne rude u jami Ajvalija. Naravno, treba imati u vidu, da će problema sa samooksidacijom sulfidne rude biti i kod nove otkopne metode, ali je sigurno da će, bar prvih godina primene nove metode, problemi biti znatno manji nego kod postojeće metode otkopavanja.

#### SUMMARY

#### Problems of Self-oxidation of Sulphide Ore in Mine Ajvalija

The paper reports the phenomenon of self-oxidation of lead and zinc sulphide ore in Mine Ajvalija. The oxidation is accompanied with favorable concentrations of CO, CO<sub>2</sub> and SO<sub>2</sub> gases, and in two instances open fires occurred. Outlined are the factors that stimulate ore oxidation, as well as the technical solutions for prevention of ore self-oxidation and sanction of open fires. The sliming method was used here for the first time in our country for preventing fires in metal mines.

#### ZUSAMMENFASSUNG

#### Das Problem der Selbstoxydation von Sulfiderz in der Grube Ajvalija

Im Absatz ist die Übersicht vom Ereigniss der Selbstoxydation vom Sulfiderz des Bleis und Zinkes in der Grube Ajvalija gegeben. Das Ereigniss der Oxydation wird von günstiger Gaskonzentrierung CO, CO<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub> begleitet, und bei zwei Fällen ist es auch zu offenem Grubenbrand gekommen. Es ist der Übersicht von Faktoren, die die Oxydation vom Erz beschleunigen, so wie der technischen Lösungen zur Zurückdrängung der Selbstoxydation vom Erz und der Sanierung von offenem Brand gegeben. Bei uns wird erstmal zum Zwecke für der Verhinderung der Grubenbrände in Metalbergwerken das Spülversatzverfahren verwendet.

## РЕЗЮМЕ

### Проблемы самоокисления сульфидной руды в руднике Айвания

В статье дан обзор явлений самоокисления сульфидной руды свинца и цинка в руднике Айвания. Процесс окисления сопровождается благоприятной концентрацией газов CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>. В двух случаях имели место открытые пожары. Дается обзор факторов, усугубляющих окисление руды и технических решений для предотвращения процесса самоокисления руды и санации открытых пожаров. Впервые в нашей стране для предотвращения пожаров в рудниках применен метод гидравлической закладки.

## Literatura

1. Minjajev, B. K.: Issledovaniya i razrabotka tehnologii dobyči rud i profilaktičeskikh meroprijatij pri eksploatacii mednokolčedannyh mestoroždenij opasnyh v požarnom otноšenii.
2. Good B. H.; Oksidacija sulfidnih minerala u rudniku Sullivan.
3. Head G. S., Bloomer T. O., Glennie J. A.: Sulfidni požari u rudniku Sullivan
4. Motoaki Sato: Oksidacija sulfidnih ruda.

DUK 662.764 : 628.557

Originalni naučni rad  
— primenjeno—razvojni

## UTVRĐIVANJE TOKSIČNIH GASOVITIH SASTOJAKA I UPOREĐIVANJE NIVOA ŠTETNOSTI PRI GASIFIKACIJI UGLJA U POGONU LURGI GENERATORA

(sa 1 slikom)

Dr inž. D r a g a n P e t k o v ić — dipl.inž. M i r a M i t r o v ić

### Uvod

U svetu postoje izgrađena postrojenja za gasifikaciju uglja. Ekonomika rada ovakvih pogona će uticati na njihov dalji razvoj. Međutim, o tome koliko ova tehnologija implementiranja uglja zagađuje okolinu nema dovoljno podataka.

U ovom članku izloženi su rezultati utvrđivanja koncentracije toksičnih gasovitih sastojaka u pogonu generatora Lurgi i količina emisionih tokova, a izvršeno je i upoređivanje nivoa njihove štetnosti.

Za utvrđivanje koncentracije toksičnih gasovitih sastojaka korišćena je metodologija JUS i ASTM.

Upoređivanje nivoa štetnosti usled zagađivanja okoline iz različitih industrijskih pogona predstavlja svojevrstan problem. Razlike u vrsti koncentracije i količini zagađivača su dovele do uvođenja pojava koji omogućuju direktno upoređivanje. Metodologija, data i korišćena u ovom članku, je široko primenljiva.

Istraživanja su izvršena u postrojenju za gasifikaciju uglja Kosovo, Obilić, SAP Kosovo.

### Rezultati istraživanja

#### *Opis procesa gasifikacije lignita Kosovo*

U Obiliću, nedaleko od Prištine, izgrađeno je postrojenje za proizvodnju gasa Lurgi postupkom donje toplotne moći oko  $15000 \text{ kJ/m}^3_{\text{N}}$ .

Proizvedeni gas se koristi kao energetsko gorivo u Skopskoj željezari, kao i okolnoj industriji.

Osnovne faze proizvodnje gasovitog goriva su:

- klasiranje rovnog uglja
- sušenje uglja klase — 120 + 30 mm zasićenom vodenom parom 30 bara — Fleissner—postupkom
- klasiranje sušenog uglja
- gasifikacija sušenog uglja klase + 6 mm, uz sadejstvo vodene pare i kiseonika na pritisku od 28 bara, Lurgi postupkom
- kondenzaciono izdvajanje tečnih produkata iz sirovog gasa
- izdvajanje nepoželjnih ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , NCN) gasova iz sirovog gasa Rectisol — postupkom
- proizvodnja pare
- razlaganje vazduha

- separaciono izdvajanje tera i srednjeg ulja iz kondenzata
- ekstrakciono izdvajanje fenola iz otpadnih voda diizopropiletom (Fenosolvan—postupak).

odnos se naziva potencijalni stepen štetnosti komponente „i“ (PSSKi)

$$PS\ddot{S}Ki = \frac{Ci}{MATKi}$$

### Metodologija upoređivanja nivoa štetnosti

Da bi se moglo upoređivati štetno dejstvo gasova mora se, pre svega, odlučiti šta se podrazumeva pod „štetnim dejstvom“. Medicina rada u ovoj oblasti je odredila različite nivoje koncentracija materija i njihovo štetno dejstvo u zavisnosti od dužine boravljenja u datom ambijentu. Rezultat ovoga su propisi o dozvoljenim kratkotrajnim i prosečnim dozvoljenim koncentracijama gasova koji se ispuštaju u okolinu, kao i propisi o dozvoljenim koncentracijama gasova u radnoj sredini.

Svaka od ovih koncentracija može poslužiti kao osnovna jedinica za izračunavanje, a samim tim i upoređivanje, štetnog dejstva odabranog gasnog toka.

Za odabiranje minimalne akutno–toksične koncentracije kao osnovne jedinice štetnog dejstva je odlučujući faktor svojstvo aditivnosti, tj. mogućnost sabiranja štetnih delovanja koje je karakteristično za smeše. Mogućnost korišćenja linearnih zavisnosti u velikoj meri pojednostavljuje predloženi način obračuna i čini ga široko primenljivim.

Ako se aktuelna koncentracija „i“-tog sastojka ( $C_i$ ) u gasu podeli njegovom minimalnom akutno–toksičnom koncentracijom ( $MATKi$ ), može se utvrditi u kakvom su uzajamnom odnosu. Taj

Jasno je da se ove vrednosti mogu koristiti za upoređivanje štetnosti pojedinih komponenata u istom toku.

### Pogon „Generatori“

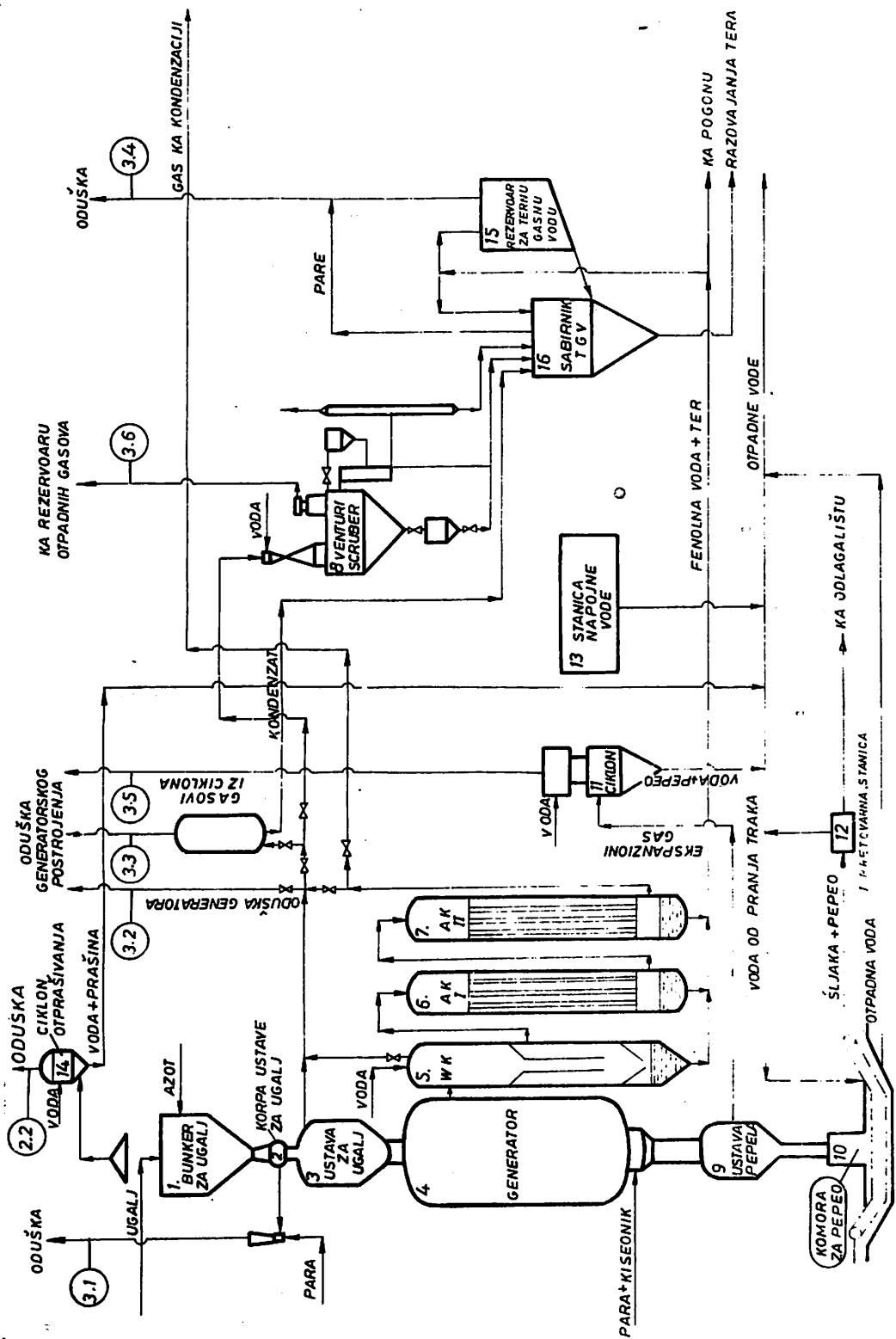
U pogonu „Generatori“ (sl. 1) se obavlja gasifikacija lignita postupkom Lurgi. Sušeni lignit po postupku Fleissner klase – 60 + 6 mm dovodi se trakama do bunkera za ugalj (1). Ugalj u bunkeru se nalazi u zaštitnoj atmosferi azota. Ugalj se dozira kroz korpu ustave za ugalj (2) u ustavu ugalja (3), a odatle u generator (4). U generatoru se vrši gasifikacija uglja u prisustvu vodene pare i kiseonika. Obrazovani sirovi gas se vodi prvo kroz hladnjak sa direktnim ubrizgavanjem vode (5), a zatim kroz dva indirektna hladnjaka (6) i (7) i upućuje u pogon za kondenzaciju. Iz sirovog gasa se u hladnjacima izdvajaju kondenzati sa visokom tačkom ključanja, ter, veći deo ponete prašine, kao i deo sadržane vodene pare. Ova terna gasna voda se vodi u rezervoar i sabirnik za ternu gasnu vodu (15) i (16) u toku startovanja, odnosno direktno ka pogonu za razdvajanje tera. Pepeo i deo nepreoreagovanog uglja se odvodi iz generatora kroz ustavu pepela (9) i komoru pepela (10) u kadu za gašenje, a odatle na odlagalište. S obzirom da su ustave (3) i (9) pod pritiskom, za njihovo punjenje odnosno pražnjenje potrebno je da se prethodno izvrši delom dekompresija. Pri dekompresiji ustave za ugalj, pre njenog punjenja ugljem,

Regularni gasoviti emisioni tokovi u pogonu „Generatori“ (sl. 1)

Tablica 1

Merno mesto br.	Opis mesta	Protok* $m^3 N/h$	Komentar
2.2.	Oduška otprašivanja	450	vazduh sa prašinom, eventualni gasovi iz bunkera
3.1.	Otpošivanje korpe ustave za ugalj	5,1	gasovi iz ustave za ugalj i prašina
3.2.	Oduška generatora	22	pri startovanju dimni gasovi, ekscesno generatorski gas
3.3.	Oduška generatorskog postrojenja		otpusteni rastvoreni gasovi iz terne gasne vode
3.4.	Oduška rezervoara za TGV	4	para i gasovi sa dna generatora
3.5.	Oduška ustave pepela	58	gasovi iz ustave za ugalj sa prašinom
3.6.	Ekspandovani gasovi na baklji	260	

\* Protok je sveden na 10 t gasificiranog uglja; protok gasova je prikazan bez prisutne vodene pare.



Sl. 1 — Gasifikacija uglja postupkom Lurgi, pogon „Generator“.

Gasovite toksične komponente u emisijom okovima

Komponenta	MM 2,2 g/m <sup>3</sup>	MM 3,1 g/m <sup>3</sup>	MM 3,2 g/m N	MM 3,4 g/m <sup>3</sup> N	MM 3,5 g/m N	MM 3,6 g/m <sup>3</sup> N
CH <sub>4</sub>	3,3 · 10 <sup>5</sup>	nn	650 · 10 <sup>5</sup>	659 · 10 <sup>5</sup>	776 · 10 <sup>5</sup>	788 · 10 <sup>5</sup>
CO	4,0 · 10 <sup>4</sup>	nn	11550 · 10 <sup>4</sup>	11500 · 10 <sup>4</sup>	15560 2 · 10 <sup>4</sup>	16034 · 10 <sup>4</sup>
CO <sub>2</sub>	9,0 · 10 <sup>6</sup>	nn	810 · 10 <sup>6</sup>	820 · 10 <sup>6</sup>	72 5 · 10 <sup>6</sup>	726 · 10 <sup>6</sup>
C <sub>2</sub> —ugljovodonici	6,1 · 10 <sup>6</sup>	nn	9,8 · 10 <sup>6</sup>	9,7 · 10 <sup>6</sup>	9,7 · 10 <sup>6</sup>	9,8 · 10 <sup>6</sup>
C <sub>3</sub> —ugljovodonici	9,0 · 10 <sup>6</sup>	nn	6,3 · 10 <sup>4</sup>	6,3 · 10 <sup>6</sup>	3,6 · 10 <sup>6</sup>	3,6 · 10 <sup>6</sup>
C <sub>4</sub> —ugljovodonici	1,4 · 10 <sup>6</sup>	nn	2,6 · 10 <sup>6</sup>	2,7 · 10 <sup>6</sup>	0,5 · 10 <sup>6</sup>	0,6 · 10 <sup>6</sup>
C <sub>5</sub> —ugljovodonici	1,8 · 10 <sup>6</sup>	nn	1,6 · 10 <sup>6</sup>	1,6 · 10 <sup>6</sup>	0,7 · 10 <sup>6</sup>	0,7 · 10 <sup>6</sup>
C <sub>6</sub> —ugljovodonici	3,6 · 10 <sup>5</sup>	nn	11,5 · 10 <sup>5</sup>	11,5 · 10 <sup>5</sup>	1,0 · 10 <sup>5</sup>	1,0 · 10 <sup>5</sup>
Benzol	3,0 · 10 <sup>3</sup>	ni	6900 · 10 <sup>3</sup>	6900 · 10 <sup>3</sup>	nn	nn
Toluol	3,8 · 10 <sup>5</sup>	ni	nn	nn	nn	nn
H <sub>2</sub> S	1,5 · 10 <sup>4</sup>	nn	35,3 · 10 <sup>4</sup>	57,6 · 10 <sup>4</sup>	120 · 10 <sup>4</sup>	378 · 10 <sup>4</sup>
COS	4,4 · 10 <sup>5</sup>	nn	4,9 · 10 <sup>5</sup>	8,4 · 10 <sup>5</sup>	5,7 · 10 <sup>5</sup>	7,7 · 10 <sup>5</sup>
CH <sub>3</sub> SH	1,0 · 10 <sup>3</sup>	ni	5,4 · 10 <sup>3</sup>	5,5 · 10 <sup>3</sup>	0,1 · 10 <sup>3</sup>	8,6 · 10 <sup>3</sup>
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	1,0 · 10 <sup>3</sup>	ni	2,3 · 10 <sup>3</sup>	2,4 · 10 <sup>3</sup>	0,8 · 10 <sup>3</sup>	2,2 · 10 <sup>3</sup>
NH <sub>3</sub>	1,8 · 10 <sup>4</sup>	nn	586 · 10 <sup>4</sup>	529 Q 10 <sup>4</sup>	360 · 10 <sup>4</sup>	360 · 10 <sup>4</sup>
HCN	1,1 · 10 <sup>4</sup>	nn	5,8 · 10 <sup>4</sup>	5,8 · 10 <sup>4</sup>	8 · 10 <sup>4</sup>	6,5 · 10 <sup>4</sup>
Fenol	1,9 · 10 <sup>4</sup>	nn	850 · 10 <sup>4</sup>	909 · 10 <sup>4</sup>	179 · 10 <sup>4</sup>	10,2 · 10 <sup>4</sup>
Protok m <sup>3</sup> /h/10 t ugla,	450	5,1	22	25	5,8	250

nn = nije nađeno; ni = nije ispitivano; trag: &lt;0,00 1% zapr.

**Potencijal stupanj toksičnosti gasnih tokova**

Tablica 3

	MM 3,1	MM 3,2	MM 3,4	MM 3,5	MM 3,6	(Suma UBPTJ) (3,1+3,2+3,4+3,5)
CH <sub>4</sub>	197	200	235	1	239	1,1 · 10 <sup>4</sup>
CO	2887	2875	3890	0	4008	1,7 · 10 <sup>5</sup>
CO <sub>2</sub>	90	91	80	58	81	4,7 · 10 <sup>3</sup>
C <sub>2</sub>	1,6	1,6	1,6	0	1,6	92,6
C <sub>3</sub>	0,7	0,7	0,4	0	0,4	29,0
C <sub>4</sub>	1,8	1,9	0,3	0	0,4	58,5
C <sub>5</sub>	0,9	0,9	0,4	0	0,4	34,4
C <sub>6</sub>	3,2	3,2	1,1	0	1,1	107,8
Benzol	2300	2300	0	0	0	62 · 10 <sup>4</sup>
Toluol	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> S	235	384	80	8	252	1,2 · 10 <sup>4</sup>
COS	1,1	1,9	1,3	0	1,8	79,9
CH <sub>3</sub> SH	5,4	5,5	0,1	0	8,6	151
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> SH	2,3	2,4	0,8	0	2,2	84,5
NH <sub>3</sub>	325	294	200	145	200	1,4 · 10 <sup>4</sup>
HCN	5,3	5,3	7,3	5,9	9,3	36 · 10 <sup>2</sup>
Fenol	447	478	94	0,1	94,2	1,5 · 10 <sup>4</sup>
PSK tok	6503,3	6645,4	4592,3	218	4899,8	
Protok (m <sup>3</sup> /N/h)	5,1	22	25	5,8	250	57,9
UBPTJ (m <sup>3</sup> /N/h)	3,3 · 10 <sup>4</sup>	1,5 · 10 <sup>5</sup>	1,1 · 10 <sup>5</sup>	1,2 · 10 <sup>5</sup>	1,2 · 10 <sup>5</sup>	2,9 · 10 <sup>5</sup>

gasovi se vode kroz venturi-skruber (8) ka baklji otpadnih gasova (do pritiska oko 2 bara), a zatim kroz odušku generatora (do atmosferskog pritiska). Odgašavanje korpe ustave uglja vrši se preko zasebne oduške pri svakom punjenju ugljem. Pre pražnjenja pepela iz ustave za pepeo vrši se njena dekompresija preko ciklona sa mokrim otprašivanjem (11). Za otprašivanje pretovarnih mesta pri punjenju bunkera za ugalj predviđen je ventilacioni sistem sa mokrim otprašivanjem odsisnih gasova u ciklonu (14).

Otpadne vode iz ciklona (14) i (11), kada za gašenje pepela, sa pranja traka iz prve pretovarne stanice pepela (12), kao i stanice napojne vode (13) se prikupljaju u jedinstvenom kolektoru i upućuju ka reci Sitnici.

Samo zbir potencijalnog stepena štetnosti svih „n” komponenata predstavljao bi iskrivljenu sliku o štetnosti toka zbog mogućih velikih razlika u njihovim protocima. Stoga se, tek ako se ovaj zbir pomnoži protokom gasnog toka u  $m_N^3/h$ , dobija mera ukupnog broja potencijalno toksičnih jedinica (UBPTJ)

$$UBPTJ = \text{protok} \times \sum_{i=1}^n PS\overset{\circ}{SK}_i (m_N^3/h)$$

U nastavku je dat primer za primenu ove metodologije kod upoređivanja nivoa štetnosti usled zagađivanja okoline gasovima u pogonu „Lurgi—generatori”.

#### Emisioni tokovi i diskusija rezultata

U tablici 1 je dat spisak regularnih gasovitih emisionih tokova u pogonu „Generatori”. Treba napomenuti da gasovi na mernom mestu 3.6 ne predstavljaju direktni emisioni tok, jer sagorevaju na baklji. Utvrđeni sastav ovog toka, međutim, govori o značaju kvalitetnog sagorevanja ovih gasova, uporedno sa značajnim energetskim gubicima procesa gasifikacije.

Gasovite toksične komponente u emisionim tokovima prikazane su u tablici 2. U prvoj koloni tablice 2 su prikazane i MATK vrednosti.

U odušci otprašivanja (MM 2.2) nisu pronađene toksične komponente, pa je ono isključeno iz tablice 3 (potencijalni stepen toksičnosti gasnih tokova).

U poslednjoj koloni tablice 3 je prikazana suma UBPTJi, koja omogućuje gradiranje komponenti po štetnosti. Iz nje se vidi da je najopasnije zagađivanje ugljenmonoksidom i benzolom, a odmah zatim fenolom, amonijakom, sumporvodonom i metanom.

Oduška generatora (MM 3.2) i oduška rezervora za tenu gasnu vodu (MM 3.4) predstavljaju najopasnije zagađivačke tokove i zahtevaju prioriteto rešavanje.

#### Zaključni osvrt

U mnogim postojećim pogonima predviđena ili trenutno primenjena rešenja zaštite okoline nisu adekvatna.

U hemijskoj industriji, po pravilu, broj toksičnih ispusta nije mali. Samim tim popravljanje i trenutna rešenja zahtevaju određenu gradaciju prema nivou štetnosti.

Za utvrđivanje toksičnih efluenata postoje standardizovane metode.

U ovom članku su utvrđene koncentracije i količine toksičnih gasovitih materija u gasifikaciji uglja Kosovo, pogon „Generatori Lurgi”, Obilić, SAP Kosovo i izvršeno je upoređivanje nivoa njihove štetnosti. Izložena metodologija upoređivanja nivoa štetnosti gasnih tokova može poslužiti i za određivanje prioriteta u saniranju zagađivanja okoline.

#### SUMMARY

#### Determination of Toxic Gaseous Components and Comparison of the Determinal Level During Coal Gasification in a Lurgy Generating Plant

The paper presents the concentrations and volumes of toxic gaseous matters in Coal Gasification Plant Kosovo – Section Lurgi Generators, Obilić, Socialist Autonomous Province Kosovo and the completed comparison of detrimental level.

The reported methodology for comparison of detrimental level of gaseous streams may also serve for determination of priorities in remedying environmental pollution.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Die Feststellung der giftigen Gasbestandteile und die Vergleichung vom Schädlichkeitsstand bei der Vergasung von Kohle im Lurgigeneratorbetrieb,

Im Absatz ist die Konzentrierung und die Menge der giftigen Gasstoffe in der Kohlenvergasung Kosovo, dem Lurgigeneratorbetrieb, Obilić, SAP Kosovo festgestellt und die Vergleichung des Schädlichkeitsstandes durchgeführt.

Die ausgelegte Methodologie der Vergleichung vom Schädlichkeitsstand der Gasverläufen kann auch für die Bestimmung vom Prioritet bei der Sanierung der Umweltverunreinigung dienen.

## РЕЗЮМЕ

### Установление токсичных газообразных компонентов и сравнение степени вредности при газификации угля на участке генератора Лурги

В статье устанавливаются концентрации и количества токсичных газообразных материалов при газификации угля в Косово, участок Генераторы Лурги, Обилич, САП Косово и проводится сравнение уровня вредности.

Описанная методология сравнения уровней вредности газовых потоков может быть применена и при определении приоритета при санировании загрязнения окружающей среды.

## Literatura

1. Ša l i a, B., M i t r o v i ċ, M., P e t k o v i ċ, D. 1979: Environmental and engineering evaluation of the Kosovo Coal Gasification plant. — Symposium Proceedings Environmental Aspects of Fuel Conversion Technology, Hollywood, Fl, 1979, s 137 — 179.
2. B o m b a u g h, K. J., C o r b e t t, W. E.: Kosovo gasification test program results, (item 1.) s 181 — 201.
3. Potentially hazardous emissions from the extraction and processing of coal and oil US EPA, Waschington, DC, 20460, EPA-650/2-75-0 38, 1975.
4. Minimum acute toxic effluent (MATE) values for organic pollutants, RTI, North Carolina, 27709, 1979.

Autori: dr inž. Dragan Petković, Institut za TNMS, OOUR Institut za metalurgiju i tehnologiju i dipl.inž. Mira Mitrović, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd.

Recenzent: dr inž. S.Tomašić, Beograd

Članak primljen 21.1.1986, prihvaćen 20.5. 1986.

## UTVRĐIVANJE KONCENTRACIJE EMISIJE $\text{SO}_2$ I $\text{SO}_3$ U DIMNIM GASOVIMA TOPLANE, TERMOELEKTRANE, ENERGANE I AGLOMERACIJE ŽELJEZARE ZENICA

(sa 6 slika)

Prof. dr Mijan Antić – dr Branka Vukanović, dipl.hem.  
– mr inž. Miloš Kuburović

Zenica predstavlja jedan od najviše zagađenih lokaliteta u našoj zemlji. U Željezari u Zenici koriste se goriva: mrki ugalj, koks, antracit, visokopečni i koksni gas. Pored ostalih zagađivača, u dimnim gasovima nalaze se i sumpor dioksid i sumportrioksid:

Već nekoliko godina u Zenici i Željezari vode se određene aktivnosti za uvođenje uređaja za izdvajanje jedinjenja sumpora iz dimnih gasova. U cilju dobijanja podloga za analizu, izbor i projektovanje novih uređaja, na zahtev odgovarajućih službi Željezare, tokom 1984. i 1985. godine izvršena su ispitivanja u pogonima kao što su:

### Toplana

Od dva ista kotla, sa kapacitetom 190 t/h, ispitivan je jedan kotao (broj 1) za moguće varijante sa ugljevima, koji dolaze u obzir za opterećenje 100% i minimalno opterećenje, i u kombinacijama sa primenom visokopečnog i koksnog gasa. S obzirom da ovi kotlovi imaju elektrofiltre, obavljeno je merenje  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  ispred i iza elektrofiltrata za predviđene režime rada.

### Elektrana

Obavljena su ispitivanja kotla br. 9 u kombinacijama režima rada kao kod kotla br. 1 na Toplani,

u jednoj mernoj ravni, jer nema elektrofiltrata i bez režima sa koksnim gasom za koji ne postoji razvod na ovom objektu. Kotlovi 8 i 7 nisu ispitivani, jer su mali po kapacitetu, a i mali su zagađivači.

### Energana

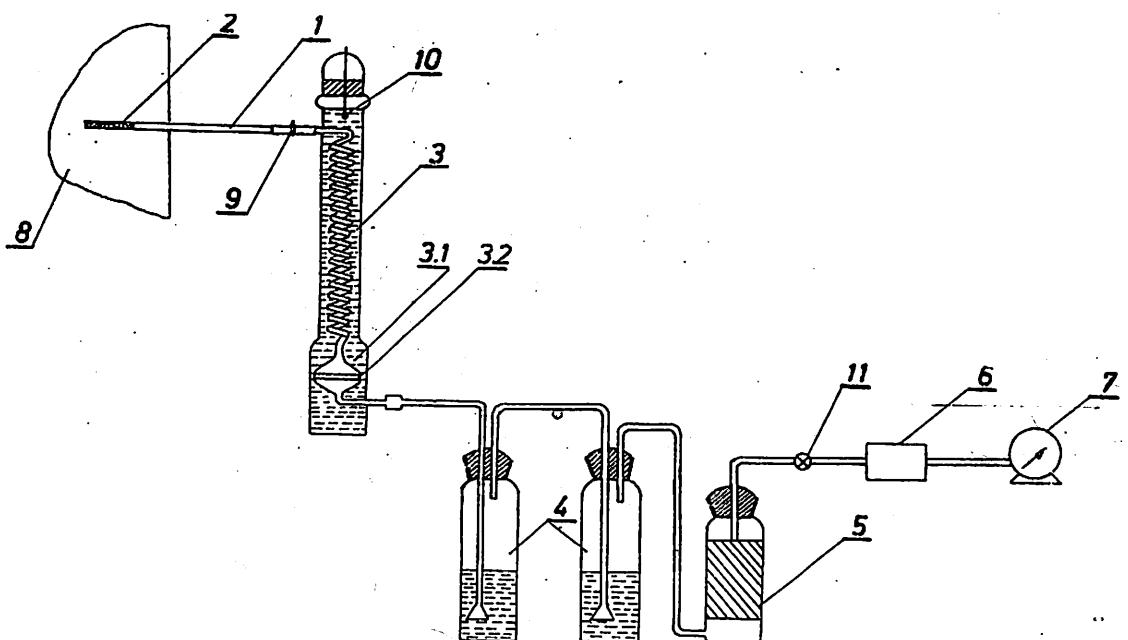
Od četiri kotla sa kapacitetom 1X40 t/h i 3x32 t/h izvršena su merenja na kotlu od 40 t/h i na jednom kotlu od 32 t/h, za svaki kotao u jednoj ravni (nemaju elektrofilitre) i za režime rada kao kod kotla 1 u Toplani.

### Aglomeracija

S obzirom na mogućnost rada sa dve ekstreme sirovine, izvršena su merenja sa radom takvih sirovina na 4 odsisna sistema.

Ova ispitivanja imala su za cilj i utvrđivanje emisije sumporovih oksida pri sagorevanju iz zeničkog basena.

Pri svakom uzorkovanju izlaženo je iz dimnog kanala 50 litara gase, u ukupnom trajanju od oko 10 minuta. U jednom broju proba izdvajano je 100 litara dimnog gase, u ukupnom trajanju od približno 20 minuta. Tоком jednomesečnih ispitivanja urađeno je oko 450 proba — merenja koncentracije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$ . Ukupno vreme ispitivanja u jednom režimu na postrojenju iznosilo je najmanje 4 sata.



Sl. 1. — Šema aparature za uzorkovanje sumpornih oksida. 1 — sonda; 2 — kvarcna-vuna za odvajanje čvrstih čestica; 3 — aparatura za izdvajanje  $\text{SO}_3$ ; 3.1 — voda; 3.2 — frita; 4 — posuda za apsorpciju  $\text{SO}_2$ ; 5 — toranj za sušenje; 6 — vakuum pumpa; 7 — gasni sat; 8 — dimni kanal; 9 — silikonsko crevo sa ventilom (štikaljkom); 10 — termometar za merenje temperature vode; 11 — ventil (slavina).

#### Opis metode i aparature za određivanje koncentracije $\text{SO}_2$ i $\text{SO}_3$ u dimnim gasovima

Problem merenja koncentracije sumporovih oksida, a naročito  $\text{SO}_3$ , uočen je još 1929. godine, kada je Johnson uočio značaj merenja temperature (tačke) rošenja sumporne kiseline. U to vreme se nije mogla odrediti koncentracija sumporne kiseline u dimnom gasu hemijskom metodom. Kasnije su Flint i Corbett (1948. godine) razradili hemijsku metodu za određivanje koncentracija  $\text{SO}_3$  u dimnom gasu. Ove metode, kao i naknadne modifikacije drugih istraživača, zasnivale su se na provođenju dimnih gasova i apsorbaciji  $\text{SO}_3$  u vodenom rastvoru izopropilalkohola. Pošto se u dimnim gasovima nalazi i  $\text{SO}_2$  koji se apsorbuje uz  $\text{SO}_3$ , to rezultati koncentracije  $\text{SO}_3$ , dobijeni ovom metodom, nisu najpouzdaniji. Kako i ove metode nisu zadovoljile, prešlo se na izradu aparatura kojima bi se određivala količina kondenzovane sumporne kiseline. Na razvoju ovakve opreme radili su Knol (1960.) i Kissink (1963.). U to vreme razrađena je još jedna aparatura na principu određivanja količine kondenzovane sumporne kiseline. Ovu metodu razradili su Goksyer i Ross u Shell–ispitnom centru u Thorntonu (Engleska) 1961. godine.

Ova metoda je primenjena i kod merenja koncentracije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  na objektima u Željezari Zenica. Šematski prikaz aparature dat je na slici 1. Princip rada ove metode je da se u staklenoj friti (poz. 3.2) kondenzuje sumporna kiselina. Frita ima zadatak da zadrži kapi, paru ili maglu sumporne kiseline, a propusti ostale gasove. Frita je smeštena u stakleni omotač i potopljena u zagrejanu vodu temperature 60–90°C. Za zapreminski udeo vodene pare u dimnim gasovima 5 do 10%, pri barometarskom (ukupnom) pritisku na temperaturi 70–80 °C, granični sadržaj  $\text{SO}_3$  iznosi ispod 0,01 mg/m<sup>3</sup> suvog gasa, što predstavlja količinu propuštenog  $\text{SO}_3$  kroz fritu, i što je zanemarljivo u odnosu na izmerene vrednosti.

Niže temperature od ovih dovere bi do izdvajanja najveće količine vode u tečnom stanju u friti što bi remetilo protok gasa kroz fritu. Posle izdvajanja  $\text{SO}_3$  gas prolazi kroz vodenim rastvor vodonikperoksida koji se nalazi u posudama za apsorpciju  $\text{SO}_2$  (poz. 4). Sumpordioksid oksidiše u sumpornu kiselinu koja se titriše sa NaOH uz indikator bromfenol–plavo. Sumporna kiselina se iz aparatu re isperi sa 5% vodenim rastvorom izopropilalkohola i titriše sa NaOH uz indikator bromfenol–plavo.

Na terenskim ispitivanjima titracioni metod je poželjniji zbog jednostavnosti. Metoda je dovoljno osetljiva pri određivanju  $\text{SO}_3$  pri koncentracijama  $1 \text{ cm}^3/\text{m}^3$  u uzorku 40–50 litara dimnog gasa, a dovoljno je osetljiva i pri visokim koncentracijama  $\text{SO}_2$  u dimnom gasu.

Pribor za merenje koncentracije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  čine:

- sonda za uzorkovanje gase sa filtrom od staklene vune za taloženje čvrstih čestica
- sud (frita) sa vodenim kupatilom za izdvajanje magle i kapi sumporne kiseline
- posude sa rastvorom za apsorpciju  $\text{SO}_2$
- vakuum pumpa za izvlačenje parcijalne struje gase
- toranj sa adsorpcionim sredstvom za vlagu
- merač protoka suvih dimnih gasova
- barometar
- termometri
- hemikalije: 1/10 N NaOH;  
1/50 n NaOH;

indikator: bromfenol—plavo  
3-% rastvor vodonikperoksida  
5-% rastvor izopropilalkohola.

#### Izrazi za izračunavanje koncentracija $\text{SO}_2$ i $\text{SO}_3$

Zapreminska koncentracija  $\text{SO}_2$ :

$$K_2 = \frac{10,95 \cdot 10^3 m_2 N_2}{V_0} \quad \left| \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} \right|$$

gde je:

$m_2 \text{ lml}$  — potrošnja rastvora NaOH za  $\text{SO}_2$ ,  
 $N_2 \text{ l}$  — normalitet rastvora NaOH za  $\text{SO}_2$ .

Zapremina oduzete količine suvog gase:

$$V_0 = (V_2 - V_1) \frac{T_0}{T_0 + t_4} \frac{p_b + \Delta p_1}{p_0} \quad \left| \text{m}^3 \right|$$

$$T_0 = 273,16 \text{ K}, p_0 = 1,013 \text{ bar}$$

gde je:

$p_b \text{ bar}$  — barometarski pritisak  
 $\Delta p_1 \text{ bar}$  — natpritisak gase u gasnom satu  
 $t_4 \text{ }^{\circ}\text{C}$  — temperatura gase u gasnom satu  
 $V_1, V_2 \text{ l m}^3$  — stanje gasnog sata pre i posle uzorkovanja.

Masena koncentracija  $\text{SO}_2$ :

$$c_{\text{SO}_2} = K_2 \frac{M_{\text{SO}_4}}{22,4} \quad \left| \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right|$$

$$M_{\text{SO}_2} = 64 \frac{\text{kg}}{\text{Mo}_1} \text{ — molekulska masa } \text{SO}_2.$$

Zapreminska koncentracija  $\text{SO}_3$ :

$$K_3 = \frac{11,20 \cdot 10^3 m_3 N_3}{V_0} \quad \left| \frac{\text{cm}^3}{\text{m}^3} \right|$$

gde je:

$m_3 \text{ lml}$  — potrošnja rastvora NaOH za  $\text{SO}_3$ ,  
 $N_3 \text{ l}$  — normalitet rastvora NaOH za  $\text{SO}_3$ .

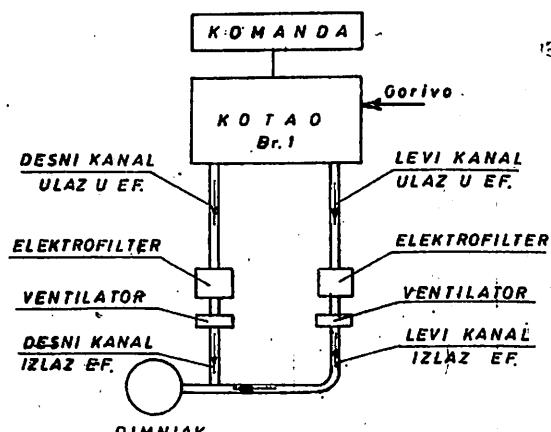
Masena koncentracija  $\text{SO}_3$ :

$$c_{\text{SO}_3} = K_3 \frac{M_{\text{SO}_3}}{22,4} \quad \left| \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right|$$

$$M_{\text{SO}_3} = 80 \frac{\text{kg}}{\text{Mo}_1} \text{ — molekulska masa } \text{SO}_3.$$

Određivanje ukupne emitovane količine sumpora tokom ispitivanja

Kod ispitivanja u Toplani, Termoelektrani i Energani ukupna količina sumpora koja se emituje iz ložišta kotla u okolinu određena je zbirom proizvoda izmerene koncentracije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  i izračunate vrednosti zapreme sumpora sagore-

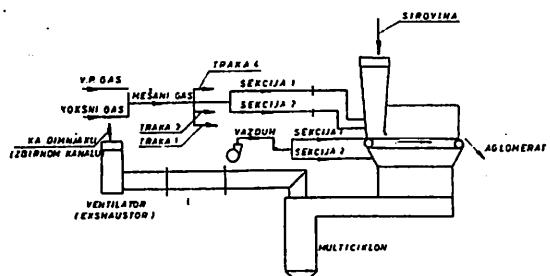


Sl. 2 — Šematski prikaz kotla br. 1 i voda dimnih gasova na toplani Željezare Zenica

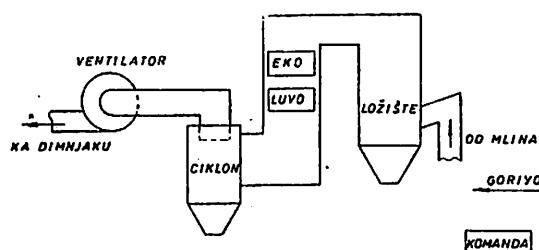
vanja. Zapremina produkata sagorevanja izračunata je na osnovu izmerenih podataka o količini toplote predate vodenoj pari, utvrđene vrednosti stepena korisnosti kotla pri svakom ispitivanju, izračunate potrošnje uglja i izmerenih podataka o sastavu dimnih gasova.

Kod ispitivanja u Aglomeraciji II ukupna količina sumpora, koja se emituje iz aglomašine u okolinu, određena je proizvodom izmerene vrednosti koncentracije  $\text{SO}_2$  i izmerene vrednosti

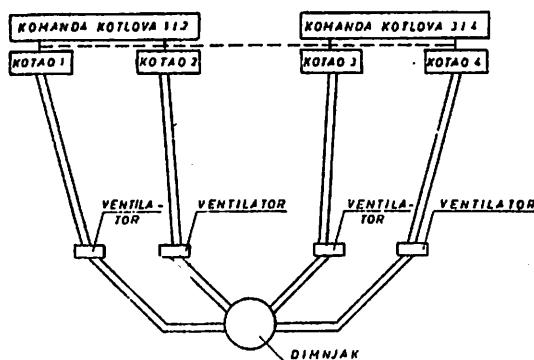
brzine (zapremine) dimnih gasova. Urađen je i materijalni bilans ispitivanja na Aglomeraciji II.



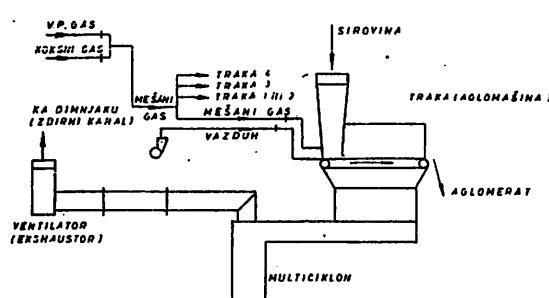
Sl. 6 – Šematski prikaz aglomašina 3 i 4 u Aglomeraciji II Željezare Zenica.



Sl. 3 – Šematski prikaz kotla br. 9 u TE Željezare Zenica



Sl. 4 – Šematski prikaz kotlova u Energani Željezare Zenica.



Sl. 5 – Šematski prikaz aglomašina 1 i 2 u Aglomeraciji II Željezare Zenica.

Na slikama 2 do 6 šematski su prikazana postrojenja Željezare Zenica na kojima je merena koncentracija  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  u dimnim gasovima.

### Rezultati ispitivanja

Rezultati ispitivanja, prikaz toplotnog i materijalnog bilansa sadržani su u elaboratima (3) i (4) koji se nalaze u Rudarskim institutu – Beograd, na Mašinskom fakultetu, Beograd i u Institutu „Hasan Brkić“ u Zenici.

Laboratorijske analize uzoraka uglja i komponenata sa Aglomeracije II rađene su u laboratoriju Željezare Zenica.

U tablicama od 1 do 8 prikazani su izvodi iz toplotnog i materijalnog bilansa ispitivanja koncentracije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  i određivanja ukupne časovne emisije sumpora u dimnim gasovima ispitivanih postrojenja u Željezari Zenica.

Na kotlu br. 1 u Toplani merenja su istovremeno vršena na ulazu i izlazu elektrofiltrira i rezultati merenja su približno isti za obe merne ravni.

U prvoj polovini ispitivanja br. 1 (maksimalno opterećenje, sagorevan samo ugalj) izmerene su znatno više koncentracije  $\text{SO}_2$  ( $15.000 \text{ mg/m}^3$ ) od vrednosti koncentracija izmerenih tokom ostalih ispitivanja na ovom kotlu. Verovatno je trenutno našao ugalj sa većim sadržajem sumpora.

Visoka, trenutno izmerena koncentracija  $\text{SO}_2$  pokazuje da su povremeno moguće ovako visoke kratkotrajne koncentracije  $\text{SO}_2$  u uslovima kada se pojavi ugalj sa većim sadržajem sumpora.

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Toplani na kotlu br. 1, ulaz elektrofiltrira

Tablica 1

Naziv veličine	Dimen- zija	Broj ispitivanja					
		1	2	3	4	5	6
Opterećenje kotla Svarna količina protovedenje pare Gorivo	[-] [kg/h]	maksimalno 194380	minimalno 136840	maksimalno 214280	minimalno 133540	maksimalno 209690	minimalno 165760
ugaj	ugaj	ugaj	ugaj	ugaj+VP gas +kok- sni gas za stabilizac.	ugaj+VP gas +kok- sni gas za stabilizac.	ugaj+VP gas +kok- sni gas	ugaj+VP gas +kok- sni gas
Količina goriva							
ugaj	[kg/h]	38261,9	28789,5	32616,5	18376,4	23122,9	15407,5
VP gas	[kg/h]	-	-	60071,1	39875,9	73975,9	72060,0
koksni gas	[kg/h]	-	-	879,5	1602,5	2303,8	2297,7
Sastav suvih dimnih gasova							
ugljenoštitakid kiseonik	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,1120 0,0833	0,0857 0,1053	0,1639 0,0475	0,0967 0,1033	0,1650 0,0400	0,1300 0,0700
Zapremina dimnih gasova (0 °C, 1,013 bar)							
suvi	[m <sup>3</sup> /h]	287719,4	281493	281681,6	288045,0	263403,5	274583,1
vlažni	[m <sup>3</sup> /h]	312121,2	300625,8	306281,0	303326,9	285472,6	291920,8
Koncentracija							
SO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	10734,2	4754,2	4868,7	2516,2	4992,9	2214,8
SO <sub>3</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	9,8	8,8	20,2	≥0	3,01	1,31
Količina sumpora u dimnim gasovima (sumpor u SO <sub>2</sub> i SO <sub>3</sub> )	[kg/h]	1545,3	670,1	686,6	3624	657,4	304,5

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Termoelektrani na kotlu br. 9

Naziv veličine	Dimen- zija	Broj ispitivanja				
		1	2	3	4	5
Opterećenje kotla Svarna količina proizvedene pare Gorivo	[-] [kg/h]	maksimalno 59288	maksimalno 63645	maksimalno 72150	minimalno 39238	minimalno 36128
Količina goriva						
ugaj	[kg/h]	7605,8	11349,9	11202,2	7161,4	4718,8
VP gas	[kg/h]	16066,1	-	14223,6	-	15707,6
koksni gas	[kg/h]	-	-	-	-	-
Sastav suvih dimnih gasova						
ugljenoštitakid kiseonik	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,186 0,032	0,140 0,056	0,192 0,030	0,089 0,113	0,150 0,068
Zapremina dimnih gasova (0 °C, 1,013 bar)						
suvi	[m <sup>3</sup> /h]	63640,9	75353,8	74813,8	76455,8	60937,4
vlažni	[m <sup>3</sup> /h]	69952,7	82836,2	81875,0	80898,3	64469,8
Koncentracija						
SO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	542,9	8761,3	6657,2	5663,5	3680,0
SO <sub>3</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	15,20	1,51	1,19	16,90	6,80
Količina sumpora u dimnim gasovima (sumpor u SO <sub>2</sub> i SO <sub>3</sub> )	[kg/h]	17,7	330,15	249,04	217,0	112,3

Tablica 2

Na kotlu br. 9 u Termoelektrani, u toku ispitivanja br. 1, izmerene su koncentracije SO<sub>2</sub> znatno niže od koncentracija izmerenih tokom ostalih ispitivanja. Za vreme ovog ispitivanja u ložište kotla br. 9 ubacivan je zajedno sa ugljem i propad kroz lančanu rešetku sa kotla br. 7 i br. 8 u Termoelektrani, što je i zapisano na mernim

listama tokom ispitivanja. Propad sadrži više pepela i kalcijuma u odnosu na ugalj i manje sumpora, oslobođenog u dimnim gasovima kotlova br. 7 i br. 8, tako da je sastav goriva na kotlu br. 9 (mešavina uglja i propada) uslovio veći stepen vezivanja sumpora u ložištu i manju koncentraciju SO<sub>2</sub> i SO<sub>3</sub> u dimnim gasovima.

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Energani na kotlu br. 1

Tablica 3

Naziv veličine	Dimen-zija	Broj ispitivanja				
		1	2	3	4	5
Opterećenje kotla	[t]	maksimalno	minimalno	minimalno	maksimalno	maksimalno
Stvarna količina proizvedene pare	[kg/h]	29785	12197	13940	29140	25861
Gorivo	[t]	ugalj+koksni gas za održavanje	ugalj + koksni gas	ugalj+ VP gas	ugalj+ VP gas	koksni gas + VP gas
Količina goriva						
ugalj	[kg/h]	5780,0	2463,3	2146,7	4714,8	—
VP gas	[kg/h]	—	3956,4	7868,4	8953,0	11879,8
kokski gas	[kg/h]	109,4	—	—	—	1574,0
Sastav suvih dimnih gasova						
ugljendioksid	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,0680	0,0400	0,0620	0,1020	0,0830
kiseonik	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,1260	0,1680	0,1470	0,1030	0,1160
Zapremina dimnih gasova (0 °C, 1,013 bar)						
suvi	[m <sup>3</sup> /h]	77091,8	79083,2	67403,1	64804,6	60304,5
vlažni	[m <sup>3</sup> /h]	80955,3	80638,8	70287,9	68046,9	63517,5
Koncentracija						
SO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	4381,5	947,1	993,2	3324,1	728,8
SO <sub>3</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	62,3	3,42	3,69	3,05	5,3
Količina sumpora u dimnim gasovima (sumpor u SO <sub>2</sub> i SO <sub>3</sub> )	kg/h	168,9	37,57	38,57	107,78	22,09

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Energani na kotlu br. 4

Tablica 4

Naziv veličine	Dimen-zija	Broj ispitivanja				
		1	2	3	4	5
Opterećenje kotla	[t]	maksimalno	minimalno	minimalno	maksimalno	maksimalno
Stvarna količina proizvedene pare	[kg/h]	37200	15132	14096	33873	38323
Gorivo	[t]	ugalj+kokski gas za održavanje	ugalj+kokski gas za održavanje	ugalj+ VP gas	ugalj+ VP gas	koksni gas
Količina goriva						
ugalj	[kg/h]	6442,1	3373,0	1849,9	6789,0	—
VP gas	[kg/h]	—	—	9179,8	9199,4	—
kokski gas	[kg/h]	153,5	136,6	—	—	3147,0
Sastav suvih dimnih gasova						
ugljendioksid	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,0810	0,0440	0,0640	0,0960	0,0380
kiseonik	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,1180	0,1620	0,1490	0,1050	0,1220
Zapremina dimnih gasova (0 °C, 1,013 bar)						
suvi	[m <sup>3</sup> /h]	74796,0	61800	68578	87091,9	66514,5
vlažni	[m <sup>3</sup> /h]	76530,9	64134	69919,1	91680,7	74236,1
Koncentracija						
SO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	4957,8	2499,5	2370,0	4844,5	1555,8
SO <sub>3</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	48,6	11,5	4,35	3,45	0,84
Količina sumpora u dimnim gasovima (sumpor u SO <sub>2</sub> i SO <sub>3</sub> )	kg/h	185,47	77,3	80,6	211,1	51,8

Za vreme ispitivanja u Aglomeraciji II (trake br. 1, 2, 3, 4) na pojedinim aglotrakama bilo je čestih prekida u radu, što u određenoj meri može uticati na izmerene vrednosti koncentracija  $\text{SO}_2$ . Da nije bilo prekida, procenjuje se da bi u kontinualnom radu izmerene vrednosti časovne emisije sumpora bile veće za oko 5%.

Na mestu uzorkovanja gase temperatura dimnih gasova iznosila je oko  $100^{\circ}\text{C}$ , a zapreminski udeo vodene pare oko 2,5%. U tim uslovima maksimalno moguća koncentracija  $\text{SO}_3$  u parnoj fazi iznosi oko  $0,036 \text{ mg/m}^3$ . Preostala, moguća prisutna količina  $\text{SO}_3$  kondenzuje u  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , vezuje se za čvrste čestice i zidove dimnih kanala. S obzirom na ovako malu maksimalno moguću vrednost koncentracije  $\text{SO}_3$  u gasnoj fazi koja se može izmeriti i na tačnost metode merenja pri ovako malim koncentracijama  $\text{SO}_3$ , u Aglomeraciji nije merena koncentracija  $\text{SO}_3$  u dimnim gasovima, već je merena samo koncentracija  $\text{SO}_2$ .

Materijalni bilans ispitivanja u Aglomeraciji ne pokazuje velika odstupanja. Nešto veća časovna količina sumpora u dimnim gasovima izmerena je u ispitivanju br. 1 na aglomeracijskoj traci br. 4, jer su na početku ispitivanja izmerene nešto veće koncentracije  $\text{SO}_2$  od uobičajenih (iznad  $6000 \text{ mg/m}^3$ ). Veća koncentracija  $\text{SO}_2$  je, verovatno, bila zbog trenutnog nailaska sirovine sa većim sadržajem sumpora, što se nije mnogo odrazilo na sastav srednjeg uzorka uzimanog tokom četvoročasovnog ispitivanja.

Pri izradi materijalnog bilansa pretpostavljeno je da kapacitet proizvodnje svake aglomeracije iznosi 70.000 kg aglomerata na čas. Ovako usvojena vrednost je u skladu sa pogonskim podacima o protoku sirovine tokom ispitivanja na Aglomeraciji

II. Određena odstupanja javljaju se zbog povremenih prekida rada maštine tokom ispitivanja, kao i zbog recirkulacije povratka.

Na mestu uzorkovanja gase postavljena je bila svetlosna signalizacija, tako da u vreme stajanja aglomeracije nije uziman uzorak dimnog gasa za određivanje koncentracije  $\text{SO}_2$ .

Toplotni i materijalni bilans ispitivanja na kotlovske postrojenja rađen je po 1000 kJ unetih gorivom u ložište, jer:

- pri istom višku vazduha količina produkata sagorevanja ima približno konstantnu vrednost po 1000 kJ količine toplote sadržane u gorivu, nezavisno od vrste i toplotne moći goriva;
- toplotni bilans urađen je po jedinici količine toplote sadržane u gorivu znatno pojednostavljuje upoređivanja primene različitih vrsta goriva i sa stanovišta časovne ukupne emisije sumpora u dimnim gasovima.

#### Opšti osvrt na izvršena ispitivanja

Rezultati ispitivanja pokazuju da se iz kotlova u Toplani, Termoelektrani, Energani i Aglomeraciji II svakog časa emituje oko 5000 kg sumpora (sadržanog u jedinjenjima  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$ ), odnosno oko 40.000 tona godišnje. Emisija se smanjuje primenom koksog i visokopečnog gase u ložištima, pri istovremenoj potrošnji uglja. Ovde treba uzeti u obzir i činjenicu da se pri proizvodnji koka i koksog gase iz Koksare emituje određena količina sumpora u atmosferu.

U cilju izračunavanja potrošnje uglja, ukupnih količina dimnih gasova i ukupne količine sumpora

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Aglomeraciji na traci br. 1.

Tablica 5

Naziv veličine	Jedinica	Broj ispitivanja
		1
Režim rada	– –	uvozna ruda
Gorivo	– –	koks
Koncentracija $\text{SO}_2$ ( $0^{\circ}\text{C}$ , 1,013 bar, suvi gas)	mg/m <sup>3</sup>	3964,8
Sastav vlažnih dimnih gasova		
ugljendioksid	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0,0682
kiseonik	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0,1511
azot	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0,7557
vodena para	m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	0,0250
Zapremina suvih dimnih gasova ( $0^{\circ}\text{C}$ , 1,013 bar)	m <sup>3</sup> /h	270,048
Količina sumpora u dimnim gasovima	kg/h	535,3

emitovanog iz ložišta u atmosferu, neophodno je bilo u završnom proračunu odrediti stepen korisnosti kotla za dato ispitivanje.

Terenska ispitivanja su trajala oko mesec dana, tako da izmerene vrednosti koncentracije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$ , sa svim izmerenim i objašnjениm varijacijama, koje se pojavljuju ispod 10% izvršenih ispitivanja, predstavljaju pouzdan pokazatelj za izračunavanje ukupne emisije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$ .

Radi dugotrajnijeg i potpunijeg praćenja emisije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$ , imalo bi smisla formirati odgovarajuće službe:

- za praćenje sastava uglja i sadržaja sumpora u uglju (slučaju težih situacija koristio bi se ugalj sa manjim sadržajem sumpora)
- za praćenje režima rada i stepena korisnosti kotla (povećani stepen korisnosti kotla daje manju potrošnju goriva i smanjenu časovnu emisiju sumpora),
- za praćenje koncentracije  $\text{SO}_2$  i  $\text{SO}_3$  u dimnim gasovima.

Rezultati merenja pokazuju da ispitivani kotlovi br. 1 i br. 4 (verovatno i kotlovi br. 2 i br. 3) u Energani rade sa velikim viškom vazduha na kraju kotla. Povećan višak vazduha utiče na povećanje ukupne količine dimnih gasova, a u većini slučajeva i na povećanje gubitka topote u izlaznim gasovima i na smanjenje stepena korisnosti kotla. Time se povećava emisija sumporovih oksida po jedinici korisne energije.

Zavisno od režima rada i vrste goriva, časovna količina sumpora koja se emituje iz svakog kotla u Energani iznosi oko 150 kg sumpora na čas, oko 4 puta manje u odnosu na kotao br. 1 na Toplani, oko 2 puta manje u odnosu na kotao br. 9 u Termoelektrani, oko 4 puta manje u odnosu na svaku traku Aglomeracije II. U takvoj situaciji kotlovi u Energani predstavljaju zagađivača sa malim udelem u odnosu na ukupnu količinu emitovanog sumpora iz okolnih ispitivanih objekata u Željezari Zenica. Zbog toga, kao i zbog starosti kotlova, nije uputno da se za kotlove u Energani razmišlja o metodi za obaranje sumpora, već da se umesto uglja većim delom koristi visokopečni gas. U slučaju da se visokopečni gasom ne postignu željene temperature u ložištu, mogao bi se primeniti tehnički kiseonik u cilju povišenja temperature produkata sagorevanja. U krugu Željezare već postoji postrojenje za razlaganje vazduha.

Tablica 6

Naziv veličine	Dimen-zija	Broj ispitivanja				
		1	2	3	4	5
Režim rada	–	uvozna ruda	domaća ruda	uvozna ruda	uvozna ruda	uvozna ruda
Gorivo	–	kokš-antracit	kokš-antracit	kokš-antracit	kokš-antracit	kokš-antracit
Koncentracija $\text{SO}_2$	$\text{m}^3/\text{m}^3$	0,0617	0,0560	0,0585	0,0634	0,0799
Sastav višnih dimnih gasova	$\text{m}^3/\text{m}^3$	0,1446	0,1548	0,1511	0,1560	0,1404
uglavljeno ksid	$\text{m}^3/\text{m}^3$	0,7687	0,7842	0,7654	0,7556	0,7547
kiseonik	$\text{m}^3/\text{m}^3$	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250
azot	$\text{m}^3/\text{m}^3$					
vodena para	$\text{kg}/\text{h}$	293241,2	nije meren	321072	263761,	273480
Zapremina suvih dimnih gasova	$\text{m}^3/\text{h}$	606,3	–	606,7	440,8	617,2
(0 °C, 1,013 bar)						
Količina sumpora u dimnim gasovima						

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Aglomeraciji na traci br. 2

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Aglomeraciji na traci br. 3

Tablica 7

Naziv veličine	Dimen- zija	Broj ispitivanja			
		1	2	3	4
Režim rada	—				
Gorivo	—				
Koncentracija SO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	3451,4	3904,2	4113,8	4897,5
Sastav vlažnih dimnih gasova					
ugljendioksid	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,0561	0,0585	0,0634	0,0873
kiseonik	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,1506	0,1560	0,1584	0,1367
azot	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,7683	0,7605	0,7532	0,7510
vodena para	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,0250	0,0250	0,0250	0,0250
Zapremina suvih dimnih gasova (0 °C, 0,13 bar)	[m <sup>3</sup> /h]	334391	327362,3	nije mereno	278148,5
Količina sumpora u dimnim gasovima	[kg/h]	577,1	639,0	—	681,1

Izvod važnijih veličina ispitivanja u Aglomeraciji na traci br. 4

Tablica 8

Naziv veličine	Dimenzija	Broj ispitivanja		
		1	2	3
Režim rada	—			
Gorivo	—			
Koncentracija SO <sub>2</sub>	[mg/m <sup>3</sup> ]	5097,3	4538,3	5148,8
Sastav vlažnih dimnih gasova				
ugljendioksid	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,0602	0,0585	0,0780
kiseonik	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,1357	0,1511	0,1462
azot	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,7773	0,7654	0,7508
vodena para	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,0250	0,0250	0,0250
Zapremina suvih dimnih gasova (0 °C, 1,013 bar)	[m <sup>3</sup> /h]	314511,5	298685,4	nije mereno
Količina sumpora u dimnim gasovima	[kg/h]	801,6	677,8	—

SUMMARY

Determination of the Concentration of SO<sub>2</sub> and SO<sub>3</sub>  
Emission in Flue Gases of Heat and Power Generating  
Plants and Agglomeration of Steelworks Zenica

Zenica is one of the most highly polluted localities in our country. The flues utilized in Zenica include: brown coal, coke, antracite, blast furnace and coking gas. Among other pollutants the flue gases also include SO<sub>2</sub> and SO<sub>3</sub>.

The paper presents the method and apparatus used for determination of SO<sub>2</sub> and SO<sub>3</sub> concentration in flue gases. Determination of the totally emitted amount of sulphur during testing is also presented.

The test results are presented in full detail as well as the proposed measures for prevention of pollution.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Die Feststellung der Konzentrierung von SO<sub>2</sub> – und SO<sub>3</sub> – Emission in der Abgasen der Wärmekraftwerken, der Kraftwärken und der Sinterung des Eisenhüttenwerkes Zenica.

Zenica stellt einen der verschmutzten Lokalitäten in unserem Land dar. In Zenica wird als Brennstoff verwendet: Hartbraunkohle, Koks, Anthrazite, Hochofen– und Kokerei–Gas. Neben den anderen Verunreiniger sind in den Abgasen SO<sub>2</sub> und SO<sub>3</sub> anwesend.

Im Absatz ist die Darstellung der Methode und der Geräte zur Bestimmung der Konzentration von SO<sub>2</sub> und SO<sub>3</sub> in den Abgasen gegeben. Es ist die Bestimmung der ganzen emittierter Schwefelmenge im Laufe des Versuches dargestellt.

In Einzelheiten sind die Versuchsergebnisse dargestellt und es sind Massnahmen zur Verhinderung der Verunreinigung vorgeschlagen.

## РЕЗЮМЕ

### Установление концентрации эмиссии SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub> в дымовых газах теплоэлектростанции, энергостанций и агломераций чугуно-стальеплавильного завода Зеница

Зеница является одним из самых загрязненных местностей в нашей стране. В качестве топлива в Зенице используется: бурый уголь, кокс, антрацит, газ доменных и консовых печей. Кроме остальных загрязнителей в дымовых газах находятся SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>.

В статье дается описание метода и аппаратуры для определения концентрации SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub> в дымовых газах. Показано определение совокупного количества выбрасываемой серы в ходе исследований.

Подробно излагаются результаты исследований и предложены меры для предотвращения загрязнения окружающей среды.

## Literatura

1. Antić, M., Vukanović, B., 1981: Deo sadržaja ukupnog sumpora u uglju koji se dimnim gasovima emituje iz termoelektrana. — „Zaštita atmosfere”, s. 57/62, br. 9(2).
2. Chory, P., 1962: Methode zur quantitativen bestim- mung von SO<sub>3</sub> und SO<sub>2</sub> in rauchgasen; BWK, 14(1962), Nr. 12, str. 601—603.
3. Elaborat o utvrđivanju koncentracije emisije SO<sub>2</sub> i SO<sub>3</sub> u dimnim gasovima Toplane, Termoelektrane, Energa- ne i Aglomeracije Željezare Zenica.— Rudarski institut, Beograd — Zemun, Mašinski fakultet Beograd, 1984.
4. Elaborat o utvrđivanju koncentracija emisije SO<sub>2</sub> i SO<sub>3</sub> u dimnim gasovima Toplane i Aglomeracije Željezare Zenica. — Rudarski institut Beograd — Zemun, Mašin- ski fakultet Beograd, 1985.

Autori: prof. dr. Milan Antić i mr inž. Miloš Kuburović, Mašinski fakultet Beograd i dr Branka Vukanović, dipl. hem., Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. A. Ćurčić, Rudarski institut

Članak primljen 3.4.1986, prihvacen 20.5.1986.

## STRANA ISKUSTVA ZAŠTITE OD EMISIJE SO<sub>2</sub> I MOGUĆNOST NJIHOVE PRIMENE U NAŠIM TERMOELEKTRANAMA (iskustva sa specijalizacije u SAD)

(sa 11 slika)

Dipl.inž. Branislav Grbović

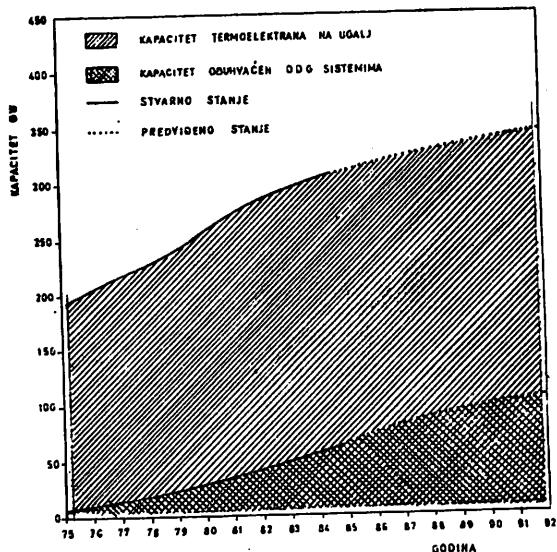
Cilj članka je da se prikažu tehnički aspekti sistema za odsumporavanje dimnih gasova iz termoelektrana na ugalj u SAD kako bi se strana iskustva mogla iskoristiti pri razmatranju ugradnje ovih sistema kod nas. Prezentirana su iskustva stečena tokom višemesecnog boravka u termoelektranama, projektantskim firmama, kod proizvođača i korisnika navedenih sistema.

Sistemi za odsumporavanje dimnih gasova (ODG) su postali glavni proizvod u oblasti opreme za kontrolu aerozagađenja. Razlog za njihov nagli razvoj i primenu je sve veća pažnja koja se u svetu

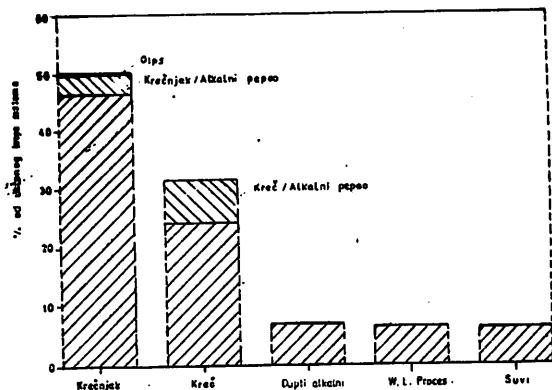
poklanja problemima „kiselih kiša“ i zakiseljavanja zemljišta i voda.

Zastupljenost ODG sistema u SAD data je na slici 1.

Štetni uticaj SO<sub>2</sub> gasa na vegetaciju, materijale i ljudsko zdravlje, odavno je uočen i proučavan. Rezultat toga je donošenje zakonskih propisa kojima se u industrijski razvijenim zemljama ograničavaju emisije SO<sub>2</sub> gasa.



Sl. 1 → Zastupljenost sistema za odsumporavanje dimnih gasova (ODG) kod termoelektrana na ugalj u SAD.



Sl. 2 → Tipovi zastupljenih ODG sistema.

Glavni izvori emisije SO<sub>2</sub> su termoelektrane na fosilna goriva.

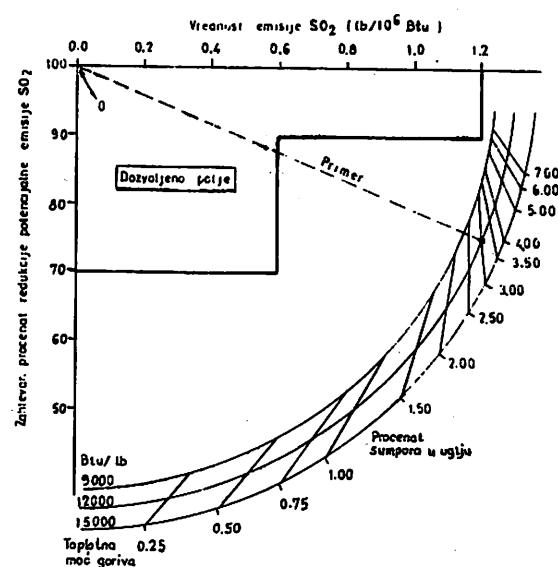
U svetu je do danas razvijeno preko 200 postupaka za uklanjanje SO<sub>2</sub> iz dimnih gasova, ali se mali broj pokazao pogodnim za primenu. Na slici 2 je prikazana zastupljenost pojedinih tipova sistema u svetu.

#### Postojeći zakonski propisi u SAD

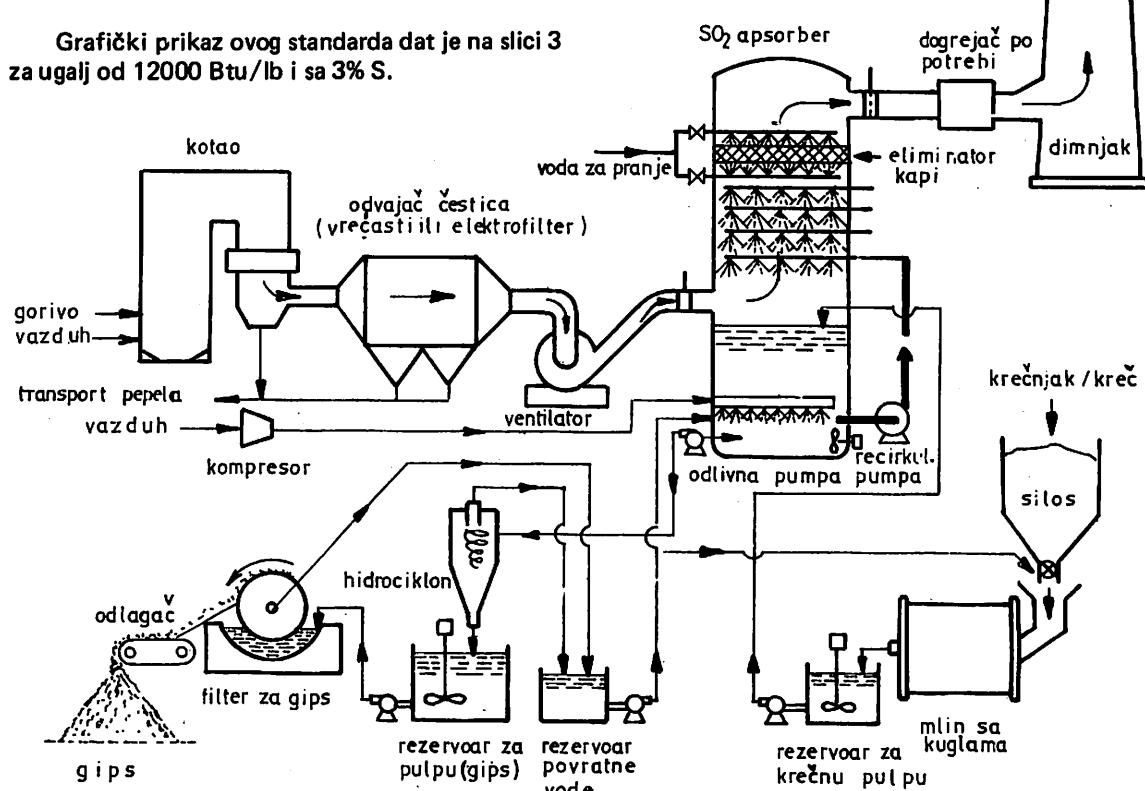
Standard za emisije SO<sub>2</sub> iz elektrana na fosilna goriva, čija je izgradnja započeta posle 18.9.1978. godine i čiji kapacitet prelazi 73 MW termičke snage (250 miliona Btu/h), zasniva se na specifičnoj toplotnoj energiji goriva i sadržaju sumpora u njemu.

Kod termoelektrane na ugalj, standard je 90% redukcija potencijalne emisije SO<sub>2</sub> i maksimalna vrednost emisije SO<sub>2</sub> od 1,2 lb/10<sup>6</sup> Btu ulaza (516 g/10<sup>6</sup> kJ) ili kao alternativa navedenom kriterijumu, zahteva se najmanje 70% redukcije i ograničava vrednost emisije SO<sub>2</sub> na 0,6 lb/10<sup>6</sup> Btu (258 g/10<sup>6</sup> kJ).

Grafički prikaz ovog standarda dat je na slici 3 za ugalj od 12000 Btu/lb i sa 3% S.



Sl. 3. — Grafički prikaz standarda za emisiju SO<sub>2</sub> iz elektrana na ugalj.



Sl. 4. — MODG sistem firme GEESI.

## Mokri sistemi za odsumporavanje dimnih gasova (MODG)

Postoji veliki broj apsorpcionih procesa za uklanjanje SO<sub>2</sub> iz dimnog gasa. Zajedničko za ove procese je da: (a) svi zahtevaju upotrebu neke alkalne hemikalije (reagensa, apsorbenta) i (b) kod svih se produkti prečišćavanja gasa javljaju kao tečni ili čvrsti nusprodukt.

Mokri sistemi za odsumporavanje gasova (MODG) sa krećom ili krečnjakom kao reagensom su najzastupljeniji tip sistema i čine preko 90% od ukupnog broja i kapaciteta sistema u radu (slika 2).

Razlog ovome treba tražiti u prostoj tehnologiji i velikom stičenom iskustvu u proteklih dvadeset godina od kada su prvi sistemi ove vrste pušteni u rad.

Podela ovih sistema bi se mogla izvršiti i prema tipu krajnjeg produkta na:

- neregenerativni tip procesa — gde se nusprodukt u celini deponuje kao otpad

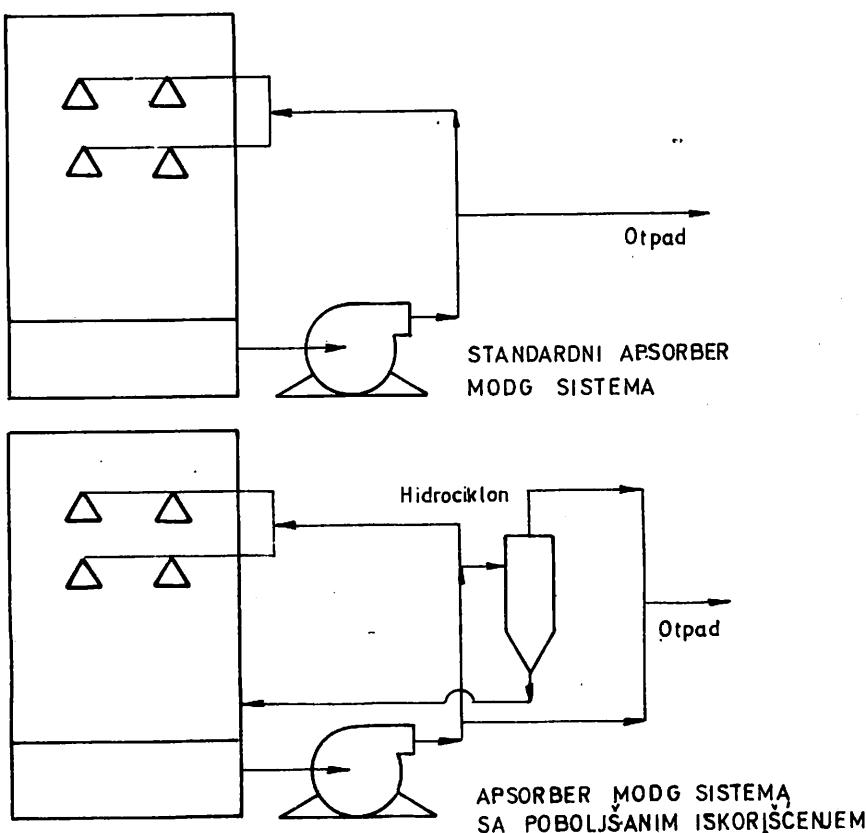
- proces sa gipsom kao krajnjim produkтом — ovaj proces je sličan neregenerativnom procesu, osim što se otpadni materijal oksidacijom pretvara u kalcijum-sulfat i potom odvodnjava. Nusprodukt (gips) se zatim deponuje ili prodaje za upotrebu u građevinskoj industriji
- regenerativne procese, gde se nusprodukt prevodi u koncentrisani SO<sub>2</sub>, elementarni sumpor ili sumpcnu kiselinu. Reagens se regeneriše za ponovnu upotrebu, a nusprodukt prodaje kao sirovina za hemijsku industriju.

Samo oko 7% od ukupnog broja ODG sistema u SAD otpada na regenerativni tip.

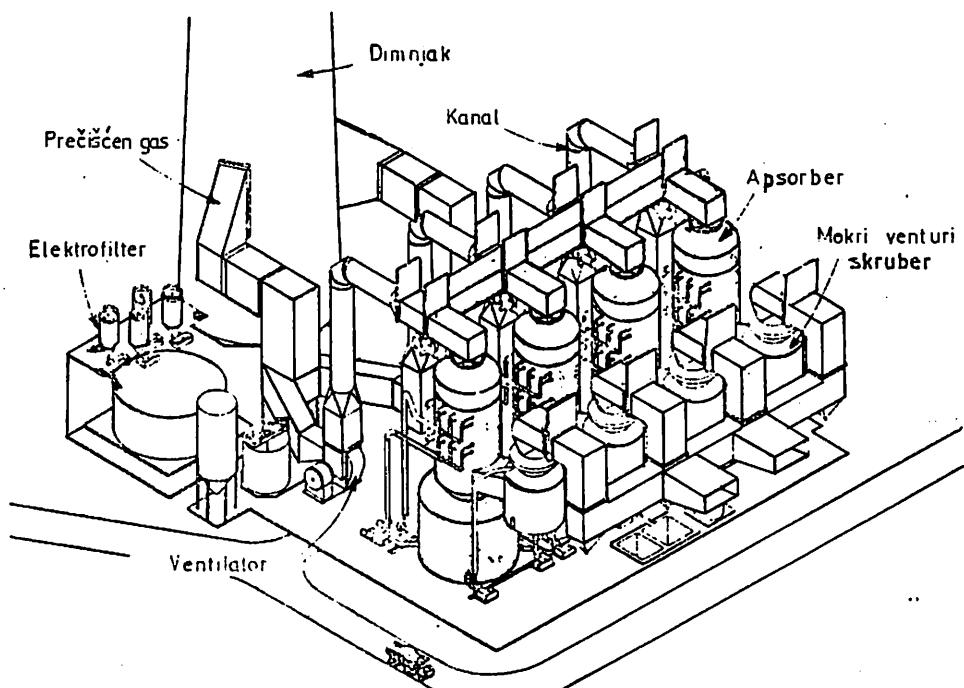
Na slici 4 je prikazan tipičan MODG sistem firme GEESI.

Apsorber, cevovodi i rezervoari su od nerđajućeg čelika sa gumenim oblogama. Radi lakšeg mešanja pulpe u rezervoaru apsorber je okrugao. Unutar rezervoara apsorbera su mešalice (kod novijih modela koriste se isključivo vertikalne).

Recirkulacione pumpe sa gumenim oblogama snabdevaju pulpom mlaznice koje su postavljene u



Sl. 5 — Apsorber MODG sistema sa poboljšanim iskorишћenjem.



Sl. 6 – Prečišćavanje otpadnih gasova u Clay Boswell.

više nivoa, sa visinskom razlikom od 1,5 m. Svaka pumpa obično snabdeva samo jedan određen red mlažnica. U zavisnosti od ulaznih koncentracija SO<sub>2</sub> i zahtevanog stepena redukcije emisije, uključuje se ili isključuje potreban broj pumpi.

pH-vrednost recirkulacione pulpe u rezervoaru apsorbera je oko 6,5–7 (u slučaju krečnjaka je oko 5,8).

Iako do sada to uglavnom nije bio slučaj, smatra se da bi pri projektovanju budućih sistema trebalo predvideti da se sva oprema smesti u zatvoren objekat, tj. zaštiti od nepovoljnih atmosferskih uticaja, čime bi se ujedno olakšali i uslovi rada radnicima na održavanju.

Firma Peabody je u sistem pripreme pulpe uvela hidrociklone, čime je proces učinila stabilnijim i pouzdanijim. Time je poboljšano iskorišćenje reagensa skoro 100%. Tvrdi se da sistemi koje proizvodi Peabody postižu radnu stehiometriju 1,01 mol CaCO<sub>3</sub>/mol SO<sub>2</sub> apsorbovanog (slika 5).

Posebno interesantan je rad Peabody-ja na korišćenju lebdećeg pepela za apsorpciju SO<sub>2</sub> iz otpadnih gasova. Jedino komercijalno postrojenje ove vrste u SAD je Clay Boswell Station firme

MLP, čiji je projektant i proizvođač Peabody Process Systems (slika 6).

#### Deponovanje otpadnog materijala

Za razliku od SR Nemačke, gde se u 95% slučajeva otpadni materijal prerađuje u gips, u SAD se ovaj materijal obično deponuje u za to posebno pripremljen prostor. Vrlo često se ovom materijalu dodaju kreč i pepeo, a tendencija je da se pređe na postupak oksidacije i gips (slika 7).

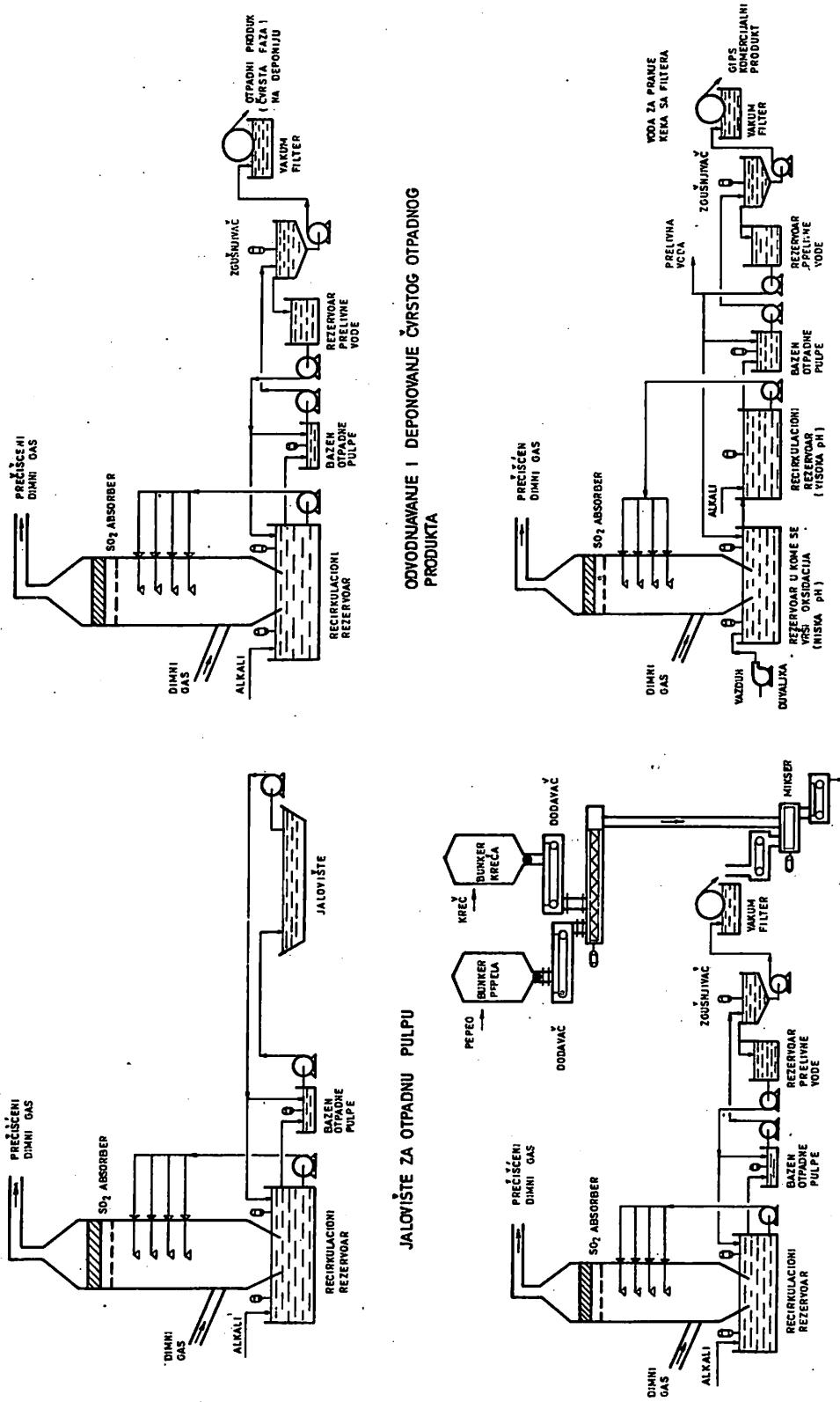
#### Dogrevanje prečišćenog gasa

Tehnologija MODG je takva da gas izlazi iz sistema skoro zasićen vodom. Kondenzacija koja se javlja kada temperatura gase opadne i nedostatak uzgonske sile u dimnjaku čine dogrevanje gasa u većini slučajeva neophodnim. Na slici 8 su prikazani neki načini dogrevanja gasa.

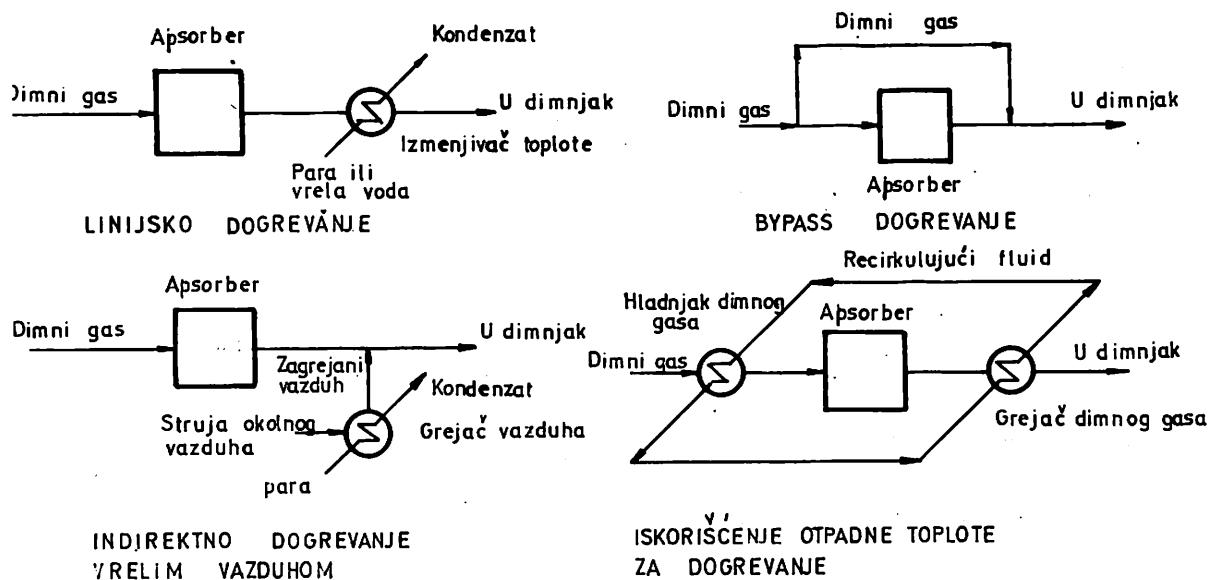
Ovo dogrevanje je izuzetno skupo i cena može iznositi do 20–30% od cene celog sistema.

#### Problemi u radu MODG sistema

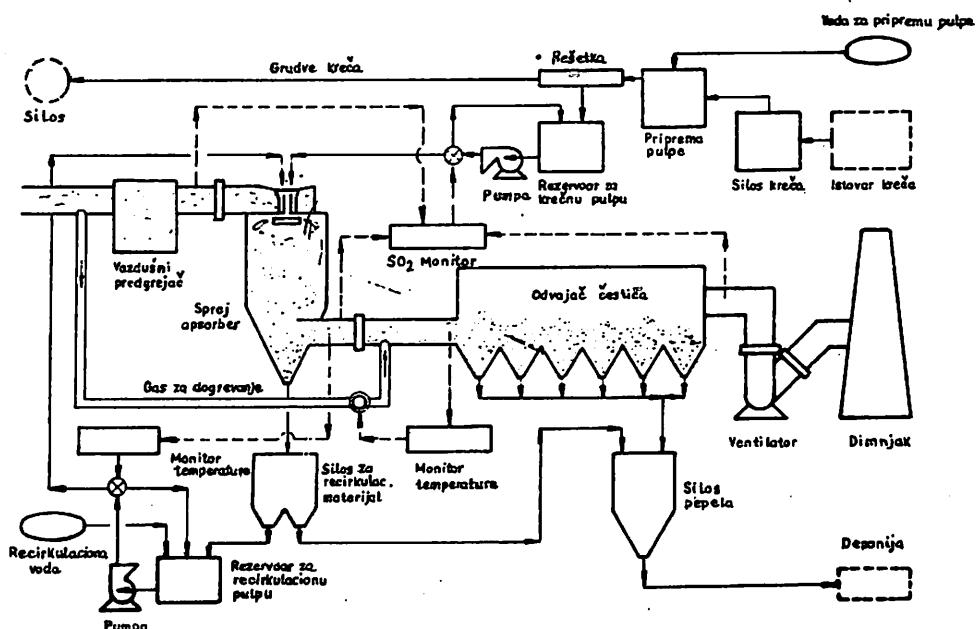
Problemi koji se javljaju mogu se podeliti u dve grupe:



Sl. 7. — Metode deponovanja otpadnog produkta iz procesa odsumporavanja dimnih gasova.



Sl. 8 – Neki načini dogrevanja gase.



Sl. 9. – Suvi sistem za odsumporavanje dimnih gasova firme GEESI.

### 1. Problemi vezani za održavanje procesa:

- nizak stepen redukcije SO<sub>2</sub>
- malo iskorišćenje reagensa, tj. njegova visoka potrošnja
- zapušavanje eliminatora i povlačenje čvrste faze (vrlo čest problem)
- siromašan bilans voda, tj. preterana potrošnja sveže vode.

### 2. Problemi vezani za rad opreme – izbor materijala za konstrukciju, nepravilan rad opreme, mehaničke greške komponente, korozija, erozija, održavanje.

#### Suvi sistemi za odsumporavanje dimnih gasova (SODG)

Suvi sistemi za odsumporavanje dimnih gasova (SODG) na prost i ekonomičan sistem uklanjanju

SO<sub>2</sub> i druge zagađivače iz dimnog gasa i pretvaraju ih u suv prah (slika 9). Dimni gas prvo dolazi u apsorber. Na vrhu apsorbera je lociran rotacioni atomajzer (raspršivač) koji fino raspršuje krečnu pulpu. SO<sub>2</sub> se sakuplja kontaktom finih kapljica raspršene pulpe i protočnog gasa. Pre nego što ovaj prah dodirne zidove apsorbera, on je već suv.

Jedan atomajzer se obično koristi na 100–125 MW, za protok gase od 34000–3400000 m<sup>3</sup>/h. Posle apsorbera, protočni gas ide u elektrofilter ili vrečasti filter (što je bolje).

SODG može postići efikasnost uklanjanja SO<sub>2</sub> više od 90%. Željena efikasnost uklanjanja se može podešavati.

Pošto ne postoji kontakt vlažne i suve faze na unutrašnjim površinama, lepljenje i zapušavanje se ne javlja.

Veličina i cena vrečastog filtra ili elektrofiltrata se značajno smanjuje, jer se prvi stepen odvajanja javlja u samom apsorberu (10–30%). Kako se ovi filtri nalaze na kraju sistema, obezbeđena je vrlo mala emisija čestica u atmosferu.

U većini slučajeva nije potrebno dogrevanje gasova. Sistem je fleksibilan i može se lako prebaciti na rad sa nekim drugim reagensom. Voda iz kule za hlađenje, kao i druga otpadna voda, mogu se iskoristiti za pripremu pulpe pošto je sistem neosetljiv na hemijski sastav vode i pH vrednost. Potrebna je samo mala količina vode.

Investiciona cena i cena rada sistema su manje nego kod mokrih sistema. Većina elemenata sistema ne zahteva posebne konstruktivne materijale, niti bilo kakve obloge. Sistem radi sa malim padom

pritiska tako da omogućuje izbor motora ventilatora sa manjom snagom. Prednost je i to, što se ventilator nalazi u struji suvog čistog gase.

Do sada su se suvi sistemi uglavnom koristili u slučajevima ugljeva sa sadržajem sumpora do 1,5%.

Uticaj hlorida na njihov rad je, za razliku od mokrih ODG sistema, pozitivan.

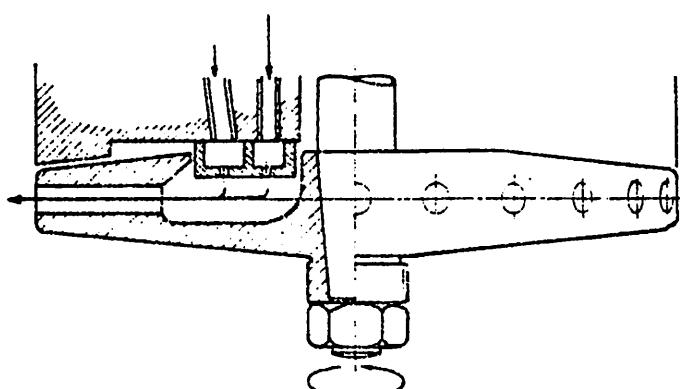
#### Problemi u radu SODG sistema

Problemi koji se javljaju u radu ovog sistema mogu se grubo podeliti u četiri grupe:

— Priprema pulpe. — U periodima kada sistem radi sa kombinacijom krečne pulpe (25% čvrste faze) i recirkulacione pulpe povremeno se javljaju izvesni problemi. Kako je reč o pulpi sa visokim sadržajem čvrste faze i velikom viskoznošću, ponekad se može primetiti zapušavanje na usisu pumpe, naslage na zidovima rezervoara, zapušavanje sita (filtra) na linijskim delovima cevovoda, gubitak protoka pri prebacivanju sa jedne na drugu pumpu itd.

Količina pulpe kod SODG sistema je mnogo manja nego kod MODG sistema. Kod postrojenja od 100 MW termičke snage, količina pulpe koja prolazi kroz atomajzer je oko 570–760 l/min. MODG sličnog kapaciteta ima cirkulaciju pulpe kroz sistem oko 150000 l/min. To znači, da se problemi koji se javljaju u pripremi pulpe kod mokrih ODG sistema javljaju i kod suvih ODG sistema, ali kod opreme znatno manjeg kapaciteta (sl. 10).

— Sistem manipulacije pepela. — SODG radi sa mnogo manjom količinom pulpe,



Sl. 10: Dvojno hranjenje atomajzera recirkulacionom pulpom (sa lebdećim pepelom) i krečnom pulpom.

ali su količine suvog pepela i ODG nusprodukata koje cirkulišu sistemom znatno veće nego u slučaju MODG. Izmereno je, da je količina čvrste materije na ulazu u vrećasti filter (tj. na izlazu iz apsorbera) 3 do 5 puta veća nego na ulazu u apsorber. Vrlo mali deo ove razlike je od krečne pulpe, većina je od recirkulirajućeg pepeла uhvaćenog u apsorberu.

Problemi se javljaju, uglavnom, kod transporta ovih količina pepela, tj. prvenstveno kod mehaničkih transporterata vrećastih filtera i rotacionih dozatora kod pražnjenja bunkera za recirkulaciju.

Kod mehaničkih transporterata je problem što se u određenim trenucima (pražnjenje odeljka) javlja veliko opterećenje i ukoliko oprema nije pažljivo dimenzionisana javlja se preopterećenje motora.

Pored toga, ovde je potrebna redovna kontrola motora i ležajeva. Rotacioni dozatori mogu ispasti iz rada zbog upadanja kakvog dela ili komada koji može zaglaviti lopatice dozatora. Ovo onda prouzrokuje promenu sastava pulpe za atomajzer.

— M l i n s a k u g l a m a. — Kako se u mlinu vrši egzotermna reakcija, to pospešuje stvaranje naslage na otvoru za hranjenje mlina.

— A t o m a j z e r. — Glavni problemi su u vezi sa automatikom atomajzera. Kod atomajzera novijeg tipa, kakve proizvodi firma NIRO, retko se pojavljuju bilo kakvi problemi (sl. 11). Problem korozije ne postoji kod pravilno projektovanog SODG sistema.

#### Zaključak

Trenutno u SAD rade oko 124 ODG sistema (podatak s početka 1985. g.), što čini oko 17% ukupnih kapaciteta termoelektrana.

Mokri ODG sistemi, sa krečom ili krečnjakom kao reagensom, dominiraju nad ostalim tehnologijama za uklanjanje SO<sub>2</sub> iz otpadnih gasova.

Velika pažnja usmerava se i na suve ODG sisteme sa krečom kao reagensom i uz ranije napomenuta poboljšanja ovi sistemi će postati sve zastupljeniji.

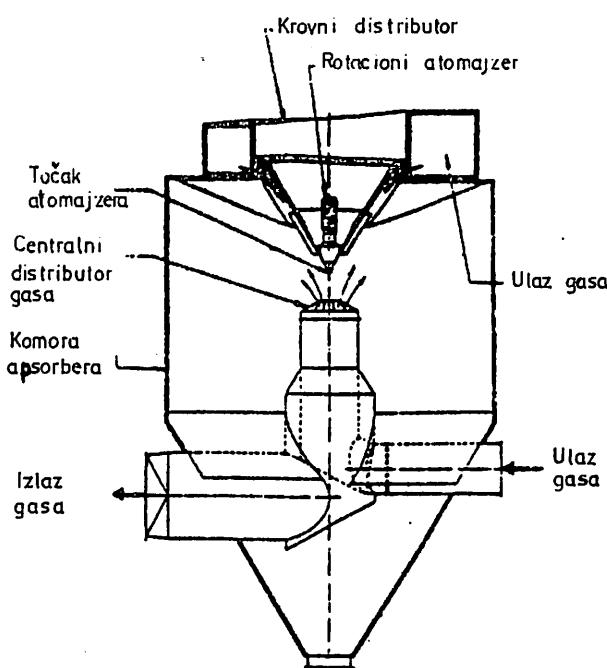
Uporedno sa usavršavanjem postojećih sistema, obimna istraživanja se vrše u pravcu razvoja novih metoda. Veliki broj istraživanja finansira US Department of Energy (DOE), kao i veliki broj kompanija, proizvođača opreme.

Anketa iz septembra 1984. g. je pokazala da je skoro 15000 MW u izgradnji, još 9000 MW ugovorenog, 2500 MW je donelo odluku o potrebi ugrađivanja sistema, 2000 MW zatražilo ponudu i 27500 MW u procesu razmatranja o ugradnji ODG sistema.

Ovo sve potvrđuje značaj koji se danas pridaje ovim sistemima i pored njihove visoke cene. Velika pažnja se posvećuje ne samo smanjenju zagadenosti u SAD, već i dokazima da su preuzete mere da SAD ne zagađuje okolne zemlje.

Američka iskustva mogu se iskoristiti u našim uslovima. Zaključak je da se nakon utvrđivanja stvarnih emisija iz pojedinih postrojenja pažljivo treba razmotriti primena različitih tipova ODG sistema. Treba imati na umu, da postoji veliki broj raspoloživih tehnologija, ali da ipak 90% od ukupnog broja i kapaciteta pripada mokrim ODG sistemima sa krečom ili krečnjakom kao reagensom. Ovaj izbor nije slučajan, već je to rezultat mnogih iskustava u radu i različitih ekonomskih pokazatelia. Mnogi sistemi teoretski pružaju bolju sliku od MODG, ali u radu to nisu mogli dokazati.

Eventualna razmišljanja bi trebalo da idu u



Sl. 11.—NIRO apsorber.

pravcu primene lebdećeg pepela kao reagensa u ODG sistemima, čime bi se znatno smanjila cena rada ovih sistema. Razlog za ova razmatranja je sastav pepela iz nekih naših termoelektrana.

Treba imati u vidu i rastuću popularnost suvih sistema sa krečnom pulpom kao reagensom, koji imaju veliku prednost nad mokrim sistemima, ali i određena ograničenja.

#### SUMMARY

#### **Foreign Experience in Control of and Protection Against SO<sub>2</sub> Gas Emission and Possibility of Application in Our Power Generating Plants**

The paper outlines the technical aspects of systems for desulphurization of flue gases in coal fired power generating plants in USA for the purpose of taking advantage of this experience when considering installation of such systems in our country too.

Presented is the experience gained during a several month stay in power generating plants, design organizations and manufactures and/or users of presented systems.

#### ZUSAMMENFASSUNG

#### **Die ausländische Erfahrungen bei der Kontrolle und dem Schutz bei Emission der SO<sub>2</sub>—Gase und die Möglichkeit ihrer Verwendung in unseren Wärmekraftwerken**

Im Absatz werden die technische Hinsicht vom Etschwefelkunssystem der Abgase in den Wärmekraftwerken der Kohle in USA dargelegt, um die ausländische Erfahrungen bei der Überlegung vom Einbau dieser Systemen bei uns auszunützen.

Es sind die Erfahrungen, die durch mehrere Monate beim Aufenthalt in den Kraftwerken, in den Projektierungsunternehmen und bei den Herstellern sowie bei den Anwender der dargestellten Systemen erworben sind.

#### РЕЗЮМЕ

#### **Зарубежный опыт контроля и защиты от выброса газа SO<sub>2</sub>, и возможности его применения в наших теплоэлектростанциях**

В статье показаны технические аспекты систем для обессумпоривания дымовых газов из теплоэлектростанций на уголь в США, с тем чтобы зарубежный опыт мог быть использован при рассмотрении возможностей установки этих систем в нашей стране.

Изложен опыт, приобретенный в ходе пребывания на ТЭЦ, проектных бюро и непосредственно у производителя, пользующегося этими системами.

## **EKONOMSKA EFEKTIVNOST INVESTICIJA U GRANI „PROIZVODNJA UGLJA“ MERENA METODOM KAPITALNIH KOEFICIJENATA**

**Kostadin Popović, dipl.ecc – mr Mirko Cvetković, dipl.ecc.**

### **Uvod**

Privredni razvoj je funkcija investicija. Konkretna funkcionalna međuzavisnost ispoljava se kroz relaciju da je privredni razvoj, odnosno stopa privrednog rasta, upravno proporcionalna stopi investicija, a obrnuto proporcionalna kapitalnom koeficijentu. Praktično, reč je o tome da ista stopa ili veličina investicija može u različitom stepenu doprineti privrednom razvoju. Jedan od metodo-loških postupaka za merenje doprinosa investicija privrednom razvoju je metoda kapitalnih koeficijenata. Konkretno, u ovom radu analiziraće se doprinos investicija privrednom rastu grane „proizvodnja uglja“, odnosno ekonomska efektivnost investicija u ovoj grani uz pomoć metode kapitalnih koeficijenata.

### **Metodološki aspekti**

Polaznu osnovu za razmatranje doprinosa investicija privrednom razvoju predstavlja pomenuta funkcionalna međuzavisnost koja će se definisati na sledeći način:

$$R = \frac{s}{k} \quad (1)$$

Pri tome su:

R – stopa privrednog rasta merena stopom rasta društvenog proizvoda

s – stopa investicija  
k – kapitalni koeficijent.

Iz prethodne realizacije dobija se sledeća međuzavisnost:

$$k = \frac{s}{r} \quad (2)$$

koja će se neposredno koristiti u ovoj analizi.

Zavisno od svrhe analize mogu se definisati marginalni, odnosno prosečni kapitalni koeficijenti. Marginalni kapitalni koeficijenti daju odgovor na pitanje za koliko se jedinica povećava proizvodnja za jednu jedinicu investicija. Nasuprot tome, prosečni kapitalni koeficijenti izražavaju koliko se jedinica proizvodnje ostvaruje na jednu jedinicu akumuliranih investicija.

Sa aspekta obuhvata, kapitalni koeficijenti se mogu svrstati u nekoliko grupa. U praksi se najčešće susreću globalni kapitalni koeficijenti koji se odnose na privedu čitave zemlje. Pored toga, treba pomenuti i sektorske kapitalne koeficijente za pojedine vrste delatnosti u sklopu nacionalne privrede. Međutim, treba imati u vidu da sektorski kapitalni koeficijenti mogu biti pod velikim uticajem politike cena, odnosno relativnih cena, tako da niski kapitalni koeficijenti ne moraju biti indikator visoke ekonomske efikasnosti investicija i obrnuto. U ovim slučajevima je korisno da se analiza dopuni

razmatranjem relativnih odnosa cena i eventualnim sektorskim disparitetima.

Marginalni kapitalni koeficijenti, koji ne uzimaju u obzir period aktivizacije investicije, nazivaju se istodobni kapitalni koeficijenti. Za razliku od njih, tehnološki kapitalni koeficijenti prilikom proračuna obuhvataju i period investiranja i period aktiviranja investicija do povećanja proizvodnje.

U praksi ekonomске analize marginalni (istodobno i tehnološki) kapitalni koeficijenti obračunavaju se tako, što se kumulativ investicija stavlja u odnos sa kumulativom povećanjem proizvodnje.

Investicije i godišnji rezultati proizvodnje mogu se izraziti kroz sledeće agregate:

#### a) Investicije

BPI = godišnje bruto privredne – investicije

NPI = neto – privredne investicije

N.PI = nove privredne investicije

Razlika između neto i novih investicija je u tome, što su nove investicije agregat koji obuhvata deo amortizacije iznad sredstava za zamenu.

#### b) Proizvodnja

$\Delta Y$  = godišnji rast društvenog proizvoda

$\Delta ND$  = godišnji rast nacionalnog dohotka

$\Delta N_oP$  = godišnji rast novog proizvoda

Na osnovu navedenih agregata definišu se tri marginalna koeficijenta:

$$K_1 = \frac{BPI}{\Delta Y} \quad K_2 = \frac{NPI}{\Delta ND} \quad K_3 = \frac{N_oPI}{\Delta N_oP} \quad (3)$$

Recipročni oblik ovih realizacija daje koeficijente efektivnosti investicija:

$$e_1 = \frac{1}{K_1} \quad e_2 = \frac{1}{K_2} \quad e_3 = \frac{1}{K_3} \quad (4)$$

Navedene realizacije odnose se na istodobne kapitalne koeficijente. Međutim, ako se uzme da investicije u godini t potiču iz odgovarajućeg proizvodnog agregata iz godine t – 1, pa ako se relacije (3) podeli tim agregatom, dobijaju se sledeći odnosi:

$$K_1 = \frac{BPI_t / Y_t - 1}{Y_t / Y_{t-1}} = \frac{i_1}{r_Y}$$

$$K_2 = \frac{NPI_t / ND_t - 1}{ND_t / ND_{t-1}} = \frac{i_2}{r_{ND}}$$

$$K_3 = \frac{N_oPI_t / N_oP_t - 1}{N_oP_t / N_oP_{t-1}} = \frac{i_3}{r_{N_oP}}$$

U literaturi se ovako definisan marginalni kapitalni koeficijent naziva ICOR (incremental capital-output ratio).

Za sve pokazatelje efektivnosti karakteristično je da se celokupan prirast proizvodnih rezultata pripisuje investicijama, iako je jasno da i mnogi drugi faktori deluju na rast proizvodnje. Ovaj nedostatak otklanja se modelima privrednog rasta u kojima se stopa rasta društvenog proizvoda dekomponuje na deo koji se duguje investicijama i na deo koji se duguje rastućoj efikasnosti osnovnih proizvodnih fondova (model Kaleckog).

#### Proračun ekonomski efektivnosti investicija u grani „proizvodnja uglja“ metodom kapitalnih koeficijenata

Da bi se izvršio proračun ekonomski efektivnosti neophodno je da se definiše baza podataka koji se odnose na nužne globalne agregate. U ovom slučaju to su podaci o društvenom proizvodu i investicijama u osnovne fondove ukupne privrede, industrije i rudarstva i grane „proizvodnja uglja“

U sledećim tablicama daju se respektivni podaci dinamički po godinama za period 1970–1983. godina.

#### Društveni proizvod – stalne cene 1972. god.

Godina	Privredne delatnosti	Industrija i rudarstvo	Proizvodnja uglja
1970.	217.947	73.242	2.744
1971.	235.540	80.369	2.934
1972.	245.547	86.123	2.650
1973.	257.684	90.733	3.180
1974.	279.685	100.725	3.187
1975.	289.893	100.154	3.665
1976.	301.191	111.042	2.914
1977.	325.321	121.595	3.268
1978.	347.799	132.101	3.350
1979.	372.317	142.901	3.717
1980.	380.864	148.820	3.871
1981.	386.371	155.270	4.366
1982.	388.174	155.084	4.310
1983.	383.132	156.382	4.226

**Bruto – investicije u osnovne fondove  
(stalne cene 1972. godine)**

Godina	Privredne delatnosti	Industrija i rударство	Proizvodnja uglja	u $10^6$ din.
1970.	69.478	21.651	629	
1971.	72.668	23.156	450	
1972.	74.910	23.573	694	
1973.	77.074	23.817	748	
1974.	84.054	28.650	1.065	
1975.	92.181	36.011	1.526	
1976.	99.689	39.761	1.512	
1977.	109.114	42.330	1.847	
1978.	120.589	44.883	1.436	
1979.	128.330	45.860	1.534	
1980.	120.717	45.326	1.658	
1981.	108.884	39.842	1.266	
1982.	102.894	37.077	1.543	
1983.	92.900	32.577	1.907	

Prethodni obračuni pokazuju da je u periodu 1970–1983. godine marginalni istodobni kapitalni koeficijent za privredu iznosio 6,93, za industriju i rударство 4,85 i za granu „proizvodnja uglja“ 9,76. Veći marginalni istodobni kapitalni koeficijent kod grane „proizvodnja uglja“, u odnosu na privredu i industriju i rударstvo, objašnjava se time, što je grana „proizvodnja uglja“ izrazito kapitalno-intenzivna. Pored toga, interesantno je sagledati i elastičitet rasta društvenog proizvoda i rasta investicija što će se prikazati u sledećoj tablici.

Period	Privreda	Industrija i rударstvo	Grana „proizvodnja uglja“
1970–76.	1,12.	1,48.	0,51
1977–83.	-0,96.	-1,00.	0,97
1970–1983.	0,51.	0,53.	0,91

Iz prethodnih tablica mogu se izračunati prosečne stope učešća investicija u društvenom proizvodu, kao i prosečne godišnje stope rasta društvenog proizvoda za ukupnu privredu, industriju i rудarstvo i granu „proizvodnja uglja“.

Očigledno je, da su investicije u drugom periodu davale manje efekte na rast društvenog proizvoda, odnosno kod ukupne privrede i industrije i rудarstva radi se čak i o negativnim

#### Ukupna privreda

Period	Učešće investicija u društvenom proizvodu	Stopa rasta društvenog proizvoda	Marginalni istodobni kapitalni koeficijent
1970–1976.	26,48	5,54	4,78
1977–1983.	34,69	2,76	12,57
1970–1983.	30,68	4,43	6,93

#### Industrija i rударstvo

Period	Učešće investicija u društven. proizvodu	Stopa rasta društvenog proizvoda	Marginalni istodobni koeficijent
1970–1976.	30,28	7,18	4,21
1977–1983.	28,44	4,28	6,64
1970–1983.	29,16	6,01	4,85

#### Proizvodnja uglja

Period	Učešće investicija u društven. proizvodu	Stopa rasta društvenog proizvoda	Marginalni istodobni kapitalni koeficijent
1970–76.	31,14	1,01	30,83
1977–83.	34,47	4,38	7,87
1970–83.	33,0	3,38	9,76

efektima, dok grana „proizvodnja uglja” beleži skoro nulte efekte.

Svi do sada izvršeni obračuni zasnivali su se na marginalnim istodobnim kapitalnim koeficijentima koji nisu uzimali u obzir aktivizacioni period, koji je posebno izrazit kada se radi o kapitalno-intenzivnim granama kao što je slučaj sa granom „proizvodnja uglja”. Aktivizacioni period se uzima u obzir kod obračuna marginalnih tehnoloških kapitalnih koeficijenata. Problem, koji se tom prilikom javlja, je nedostatak statističkih podataka o dužini aktivizacionih perioda. Stoga će se u ovoj analizi poći od procene da prosečni period aktivizacije za rudnike uglja iznosi 5 godina, pa će onda u tablici koja sledi dati marginalni tehnološki kapitalni koeficijenti za granu „proizvodnja uglja” za period 1970–1983. god.

Period	Marginalni tehnološki kapitalni koeficijent
1970–1976.	–4,06
1977–1983.	9,25
1970–1983.	9,47

Po periodima korišćene su sledeće formule za obračun marginalnih tehnoloških kapitalnih koeficijenata

#### Period 1970 – 1976.

$$Km = \frac{1974 \sum \text{investicije}}{1970 \text{ društveni proizvod (1976–1973. god.)}}$$

#### Period 1977 – 1983.

$$Km = \frac{1979 \sum \text{investicije}}{1977 \text{ društveni proizvod (1983 – 1980. god.)}}$$

#### Period 1970 – 1983.

$$Km = \frac{1978 \sum \text{investicije}}{1970 \text{ društveni proizvod (1983 – 1973.)}}$$

Zapaža se da je u prvom periodu marginalni tehnološki kapitalni koeficijent bio u zoni negativnih vrednosti, te da u periodu 1977 – 1983. iznosi 9,25, a da u čitavom posmatranom periodu iznosi 9,47. Negativne vrednosti tehnološkog marginalnog kapitalnog koeficijenta u periodu 1970–1976. godine su posledica opadanja društvenog proizvoda po stalnim cenama, odnosno činjenice da je on u 1976. god. bio manji nego u 1973. godini.

S obzirom da se saglasno formuli uzima samo prva i poslednja godina posmatranog perioda, uzimajući u obzir pomak zbog perioda aktivizacije, slučajne varijacije izazvane dejstvom drugih faktora (osim investicija) mogu bitno da utiču na rezultat. Iz tog razloga povoljnije je da se u razmatranje uzme duži vremenski period u kome će se nedvosmisleno ispoljiti sekundarne tendencije. Na osnovu toga smatra se da duži period npr. 1970–1983. godina daje preciznije informacije.

#### Zaključak

Ocena efikasnosti investicionih ulaganja primenom istodobnih marginalnih kapitalnih koeficijenata pokazala je da je efikasnost ulaganja u granu „proizvodnja uglja” u periodu 1977–1983. god. znatno bolja nego u periodu 1970–1976. godina što se vidi iz visine ovog koeficijenta koji za period 1970–1976. god. iznosi 30,83, a za period 1977–1983. god. iznosi 7,87. Međutim, imajući u vidu da je na proizvodnju uglja, koja je karakteristična po dužem periodu aktivizacije, analitički neispravno primeniti istodobne koeficijente, u članku je izvršen obračun tehnoloških koeficijenata sa pomakom od 5 godina. Rezultati ovog obračuna pokazuju slične tendencije kao i kod obračuna istodobnih koeficijenata. Koeficijenti po periodima su za period 1970–1976. godina – 4,06, a za period 1977–1983. god. 9,25. Negativni kapitalni koeficijent, ostvaren u periodu 1970–1976. godina, daje indikaciju da se u ovom periodu na društveni proizvod pored ulaganja ispoljio veoma jak uticaj ostalih faktora kao što su prirodni uslovi eksploatacije, produktivnost rada, relativni odnosi cena i slično. Analiza dejstva ovih faktora, u cilju boljeg razumevanja ekonomskog položaja proizvođača uglja, značajan je zadatak budućih istraživanja.

## SUMMARY

### Economic Efficiency of Investments in Coal Production Measured by the Method of Capital Coefficients

The paper deals with the application of the method of capital coefficients in evaluation of the efficiency of capital investments into coal mines.

The methodology of capital coefficients is well-known, but the authors afforded also their own contribution indicating the required corrections and possibilities of its application in our country too, as evidenced by the included example.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Die wirtschaftliche Wirksamkeit der Anlagekosten im Kohlenförderungszweig durch Kapitalziffern gemessen

Im Absatz wird der Einsatz der Methode von Kapitalziffern bei der Bewertung der Wirksamkeit von Anlagenkosten bei den Kohlenbergwerken bearbeitet.

Die Methodologie der Kapitalziffern ist bekannt, aber die Autoren haben ihr Beitrag gegeben mit dem Hinweis auf die Korrektur und der Möglichkeit ihrem Einsatz bei uns, dass auch im Beispiel dargestellt ist.

## РЕЗЮМЕ

### Измерение экономической эффективности капиталловложений в отрасли производства угля методом капитальных коэффициентов

В статье обрабатывается метод капитальных коэффициентов при оценке эффективности капиталловложений в угольные шахты.

Методология капитальных коэффициентов известна, но авторы внесли свой вклад, указывая на необходимые коррекции и возможности ее применения в нашей стране, что показывается на примере.

## Nova oprema i nova tehnička dostignuća

# MANNESMANN DEMAG

### Novi putevi kod površinskog otkopavanja hidrauličnim bagerima velikog kapaciteta

HIDRAULIČNI BAGER je tokom godina od čistog bagera za građevinske radove preko više uspešnih razvojnih faza sazreo kao ključna mašina za velike površinske otkope. Pri tome su se reducirale veće komponente (sklopovi), kao što su pumpe, blokovi ventila i motori. Na taj način smanjeni su broj delova, izvori grešaka i mogućnosti zastoja, što je naročito važno kod mašina koje rade u ključnim pozicijama, jer zastoj može poremetiti ceo tok rada.

Visoka pouzdanost i kapacitet se posebno zahtevaju kod hidrauličnih bagera u klasama velike težine, jer oni pored rada na utovaru moraju dodatno otkopavati nemirani materijal sa velikim silama kopanja. Karakteristika mašina da može ekonomično raditi kao uređaj za kopanje i utovar je razlog da veliki hidraulični bager ima značajan uticaj na proizvodne troškove i kod površinskog otkopavanja.

#### PRIMER: Površinski otkop u Africi

Godišnja proizvodnja kamenog uglja u afričkom rudniku iznosi 4,0 miliona tona. Ugalj se pojavljuje u dva eksplorabilna sloja. U donjem sloju se nalazi kvalitativno visokovredni ugalj. Sloj A ima moćnost od 0,9 do 1,2 m i čini 25% ležišta. Iznad toga se nalazi sloj B sa moćnošću od 4 m. Oba sloja su međusobno odvojena tvrdim, abrazivnim međuslojem („uložkom“) od škriljca, koji po svojoj debljinu varira između 0,6 do 1,2 m. Otkrivka iznad oba sloja se sastoji od tvrdog, kompaktogn peščara i ima prosечnu debljinu od 22 m. Da bi se otkrio ugalj, potrebljeno je skinuti 18 miliona m<sup>3</sup> otkrivke. Svi radovi se vrše površinskim otkopavanjem.

Kao princip otkopavanja prihvaćena je metoda STRIP-MINING. Pri tome se ugalj otkriva dreglajnom u određenoj širini i u dužini od više kilometara u obliku jarka. Otkopavanje ugalja i uloška se vrši klasičnim bagerom (užetnim), utovaračem i hidrauličnim bagerom. U afričkom rudniku su, osim toga, primenjeni skreperi za skidanje plodnog sloja tla u debljinu od 0,2 do 1,5 m i za direktni raspored materijala kod rekultivacije.

Otkrivka se buši i minira dreglajnom, koju ima katarku dugačku do 87 m i bočno prebacuje. Tako nastali otkopni jarak ima dužinu od 7 km i i širinu od 42 m. Otkriveni sloj ugalja B se posle miniranja, radi rastresanja, pomoću užetnog bagera utovaruje 180-tonski kamion za ugalj i preko rampe, koja je bočno postavljena u odlagalištu otkrivke, odvozi do termoelektrane.

Za otkopavanje uložaka su do sada u mreži od 2 x 2 m postavljene bušotine sa prečnikom 65 mm, izvršeno je miniranje i direktno prebacivanje užetnim bagerima od 9 m<sup>3</sup>. Na osnovu kinematike primenjenih bagera mogao se bez većeg pomeranja otkopati samo pojedinačni pojas od 14 m širine; celokupna širina od 42 m je, dakle, podeljena u tri otkopna pojasa. Na taj način se otvara više radilišta i često premešta užetni bager.

Prvo prebacivanje pojasa I moglo se vršiti direktno na odlagalište otkrivke. Sa povećanjem napredovanja otkopa povećala se otkrivka, tako da se jedan deo uložaka morao izvoziti iz otkopa kamionima.

Druga metoda je bilo prebacivanje prvega pojasa uložaka na srednji pojaz. Međutim, ona je zbog ponovnog prebacivanja bila skupa i zahtevala je mnogo vremena.

Dalji nedostatak do sada primenjene metode otkopavanja je gubitak uglja kod visokovrednog sloja A, koji nastaje usled površinskog onečišćenja pri miniranju uložaka.

I donji sloj A je miniran i buldozerom ili utovaračem potisnut u visinu od oko 2,5 m do užetnog bagera. Postojeći utovarači se nisu mogli primeniti za utovar u kamione za ugalj, pošto visina dohvata nije bila dovoljna.

Analiza do sada primenjene metode je dovela do sledećih saznanja:

- širina otkopavanja od 42 m se mora zadržati, jer je ona određena geometrijom dreglajna. Smanjenje širine otkopavanja nije preporučljivo zbog potrebnog akcionog prostora za bager i kamione. Uslovljena dugačkim transportnim putem od površinskog otkopa do istovarnog mesta, primena manjih kamiona značila bi povećanje troškova transporta
- zbog boljeg kvaliteta treba donji sloj ugalja u potpunosti otkopavati, tako da nisu prihvatljivi stubovi ugalja, koji bi sprečili klizanje odložene otkrivke.
- privremeno prebacivanje uložaka na srednji pojaz mora otpasti zbog manjka površine za deponovanje i skupog odvoza materijala iz otkopa
- postavljeno je i pitanje primene užetnog bagera, jer je na osnovu kinematike kašike bagera u graničnom području prema odlagalištu otkrivke kod procesa punjenja ugalja potisnut u otkrivku i tako zaprljan. I veliki pritisak na tlo užetnog bagera se pokazao kao nedostatak, pošto se usled čestog premeštanja i vožnje kod trodelnog otkopavanja uložaka prouzrokuje usitnjavanje na površini ugljenog sloja A. Osim toga, se kod užetnog bagera komadi stena, zaostali posle otkopavanja uložaka, utiskuju u relativno meki ugalj, pa se kod čišćenja sloja gubi veliki deo sitnog ugalja.

Razmatranja su dovela do primene hidrauličnih bagera sa dubinskom kašikom. Postojalo je uverenje da takvi bageri eliminišu sagledane nedostatke kod dosadašnjeg sistema otkopavanja uložaka da će dovesti do znatnog poboljšanja.

Prva iskustva su stečena na hidrauličnom bageru klase 70 t, koji je bio opremljen kašikom sa zatvaračem (poklopcom). Kasnija zamena dubinskom kašikom pokazala je jasne prednosti. Međutim, duljina dohvata i sila kopanja su se pokazale nedovoljnim za grubu primenu na površinskom otkopu.

Međutim, velike uštede proizvodnih troškova su postignute hidrauličnim bagerom klase do 120 t. Primjenjeni Demag H 121 sa dubinskom kašikom od 7,5 m<sup>3</sup> i silom rezanja i odlamanja od 400, odnosno 500 kN omogućio je u području uložaka debljini 0,8 m povećanje mreže bušotine od 2 x 2 m kod rada sa užetnim bagerom na samo 2 x 10 m. Samo ova izmena prouzrokovala je uštedu od 70% kod troškova bušenja i eksplozivnog materijala. Ovaj kompleks u godišnjem proseku daje iznos od preračunatih 680.000.— DM. Pri tome nisu uzeti u obzir troškovi koji otpadaju na pogonska sredstva, kao što su bušilice, bušaci alat, potrošni materijal, rezervni delovi, utrošak vremena i nadnice, tako da je godišnja ušteda znatno veća.

Osim toga, primena hidrauličnog bagera Demag H 121 je prouzrokovala smanjenje prtljanja uglja za 35% i povećala proizvodnost. Pored toga, moglo se postići smanjenje pomoćnih mašina i bolje iskorišćenje odlagališta otkrivke, što je bilo uslovljeno većom daljinom dohvata.

Na osnovu ovih iskustava odlučeno je da se na površinskom otkopu primeni hidraulični bager klase od 200 tona Demag H 241. Bager je opremljen uređajem za dubinsku kašiku i specijalnom dubinskom kašikom od 12 m<sup>3</sup>. Teška i velika izvedba dubinske kašike omogućava da se sa silom rezanja i odlamanja od 850 kN otkopava i utovaruje nemirani materijal. Kao rezultat velike sile rezanja i odlamanja treba naglasiti dalje smanjenje troškova bušenja i miniranja. U području uložaka ispod debljine od 1,0 m je miniranje čak i otpalo. Kapacitet proizvodnje u nemirinom materijalu je prema očekivanju niži nego u materijalu podesnom za utovar. Postiže se prosečni kapacitet od 600 kubnih metara čvrste mase. Ovaj dobar rezultat — i pored ekstremno teških uslova rada — se postiže zahvaljujući uspešnoj kinematici bagera i velikoj sili kopanja.

Hidraulični bageri postižu i kod blago nagnutih slojeva dobre koeficijente punjenja kašike zbog dugačkog puta kopanja, te na taj način velike proizvodne kapacitete. Naročito kod eksploatacije uglja je od velikog značaja ovaj način selektivnog otkopavanja. Velika duljina dohvata već primjenjenog bagera H 241 ima značajan uticaj na celokupni sistem otkopavanja. Umesto tri pojasa otkopavanja kod užetnog bagera, hidraulični bager može uloške prebacivati u dva proizvodna pojasa.

Kao dalja mogućnost primene hidrauličnog bagera se pokazalo otkopavanje uglja u sloju A i B. I ovde su se radovi na miniranju mogli smanjiti za oko 90 do 100%.

Kod otkopavanja uglja naročito dolazi do punog izražaja prednost kinematike uređaja hidrauličnog bagera. Rukovalac bagera sa kašikom prati sloj sve dok nije

postignut dovoljan stepen punjenja. Takvim selektivnim načinom kopanja postiže se čisto odvajanje uglja od prateće stene i smanjenje dodatnih radova koji se inače javlaju kod užetnog bagera.

Kao pogon hidrauličnog bagera H 241 služi elektromotor snage 1000 kW. Da bi se održala mobilnost bagera kod električnog pogona hidrauličnog bagera, konstruisan je takozvani "POWERPACK". On ima 300 kW-ni dizel motor, koji je postavljen na postolje sa točkovima, agregat hidraulične pumpe i rezervoar za hidraulično ulje. "POWERPACK" se za pomeranje bagera priključuje na donji deo bagera. Pogonska energija se preko hidrauličnih creva spojnicama sa brzo priključivanje direktno dovodi do dva motora za vožnju hidrauličnog bagera. Za vreme rada „POWERPACK“ se odvezuje i električna pogonska energija za motor bagera dovodi normalnim povlačnim kablom. Sa konstrukcijom „POWERPACK“-a hidraulični bager je zadržao svoju punu mobilnost kod elektro-izvedbe.

### Bušalica za minske i ankerske bušotine

Univerzalna mašina za minske i ankerske bušotine Minbo 14 C ima dužinu od 6,7 m i širinu od 1,3 m, a teži 11 t i pogodna je za hodnike do širine od 6,3 m i visine od 5 m i na nagibima do 20°. Bušalica je sa svojom produžnom katarkom od 900 mm montirana na ram koji se može podešiti podužno 900 mm u odnosu na guseni-

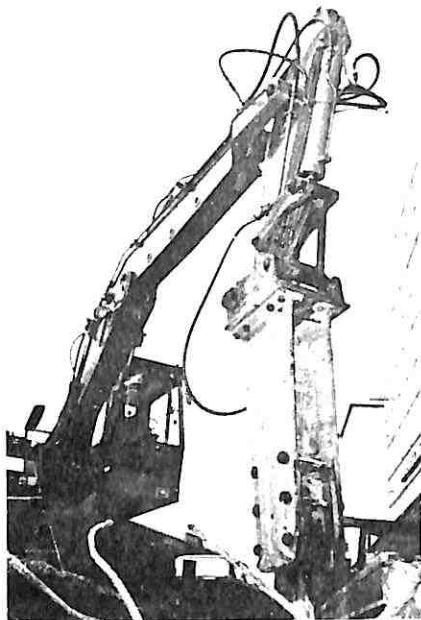


čarski podstroj. To znači da je moguće bušenje dva reda ankerskih bušotina bez pomeranja mašine. Čvrsti položaj tokom bušenja ostvaruju dve prednje hidrauličke nožice. Mašina se koristi za rotaciono bušenje hidrauličkim čekićem AD5, kojim se prvo buše rupe za ankere, a zatim ankeri nabijaju u mesto.

Mining Reporter 106

## Hidraulički čekić HM 700

HM 700 se ugrađuje na bager ili specijalnu mašinu i može da se koristi za rušenje u izgradnji puteva, u kamenolomima, pri kopanju kanala, u građevinarstvu, izradi hodnika u jamskom rudarstvu ili za razne radove u čeličnoj industriji. Energija jednog udara je 2400 Nm.



Podešavanjem učestanosti udara mašina se prilagođava tvrdoći i otpornosti materijala koji se lomi. Čekić ima radnu težinu od 1210 kg, protok ulja od 110 do 155 l/min, radni pritisak od 160 do 110 bara i može biti opremljen raznim priključcima kao što su zupci, noževi, itd. zavisno od primene.

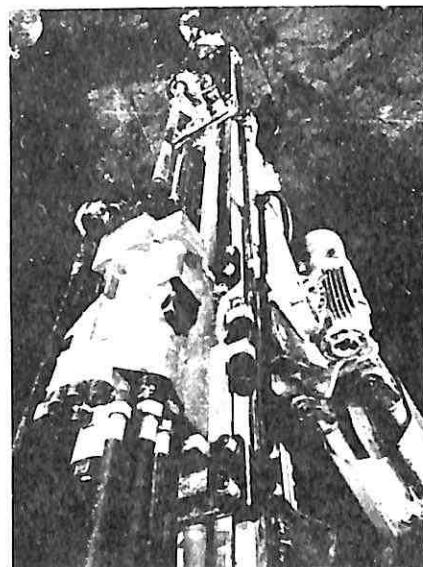
*Mining Reporter 161*

karske dizalice, radne platforme, platforme za transport materijala i kabine za ljudstvo.

*Mining Reporter 103*

## Hidraulička bušačka kolica

HBM 100 su hidraulička bušačka kolica teška 125 kg koja po prvi put nude podesive bušaće karakteristike. Bez izmene alata način bušenja može da se promeni od udarnog na rotaciono-parkusivan ili rotacioni zavisno od stanskih uslova. U poređenju sa perskusivnim bušenjem u srednje tvrdoj steni se, na primer, prilagođavanjem karakteristike bušenja odgovarajućom bušačom glavom omogućuje povećanje brzine bušenja do 100%. Beskonačno promenljiva brzina bušače šipke uslovjava automatsku promenu učestanosti udara i energije u HBM 100. Radni

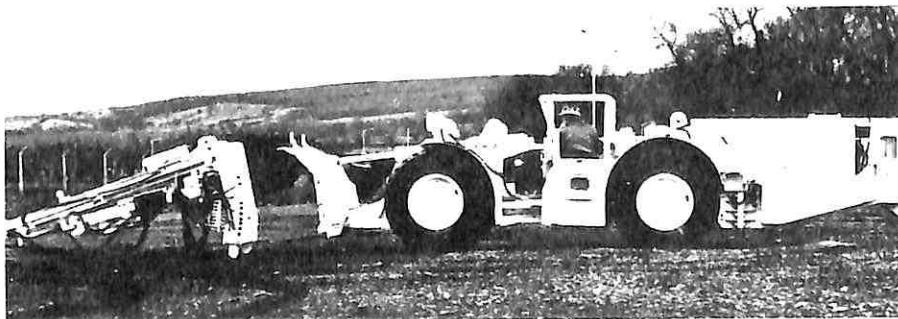


## Višenamensko vozilo

Višenamensko vozilo 913 QDS može biti opremljeno FLP dizel ili električnim motorima radi zadovoljenja rudničkih zahteva i ima lako demontažni sistem (QDS) koji omogućuje korišćenje oko 30 raznih priključaka na istom vozilu, uključujući bušilice, utovarne kašike, viljuš-

pritisak u perkusivnom mehanizmu iznosi od 130 do 200 bara, cirkulacija ulja 40 do 65 l/min, a učestanost udara je varijabilna do  $6780 \text{ min}^{-1}$  sa udarnom energijom do 25 daNm. Rotacioni motor ima radni pritisak od 70 bara, protok ulja 64 l/min pri brzini od  $350 \text{ min}^{-1}$ . Brzina je promenljiva do  $600 \text{ min}^{-1}$ , a obrtni moment je 310 NM. Primarno prigušivanje zvuka održava nivo buke ispod 100 dB(A).

*Mining Reporter 112*



## Laki podgradni sistem za hodnike

Ovaj pronađenak ima za cilj da načini podgradni rad koji zahteva mnogo radne snage i fizičkog napora, a podložan je nesrećama konkurentnim sa ostalim delatnostima u celokupnom ciklusu sa različitim vremenima i da otkloni nedostatak poznate podgradne opreme i metoda, kao

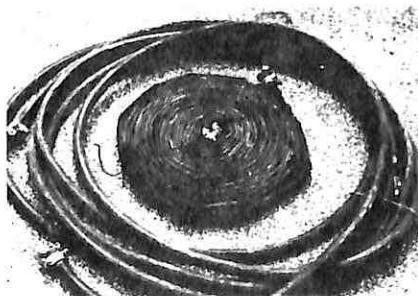


i da obezbedi kompletan hodnički podgradni sistem: izuzetno brzo i lako sklapanje i odgovarajuću zaštitu od padajućeg kamenja neposredno po privremenom montiranju. Konačna nosivost se ostvaruje tokom druge i treće podgradne faze uporedo sa izradom hodnika zasipanjem materijalom i ankerovanjem.

*Mining Reporter, 110*

## Laka creva za komprimovani vazduh

Korišćenje sintetičkog materijala za creva, koja se ubacuju u gumeni otporni na ulje putem specijalnog ekstruzionog metoda, omogućuje nuđenje Mantex creva za komprimovav-

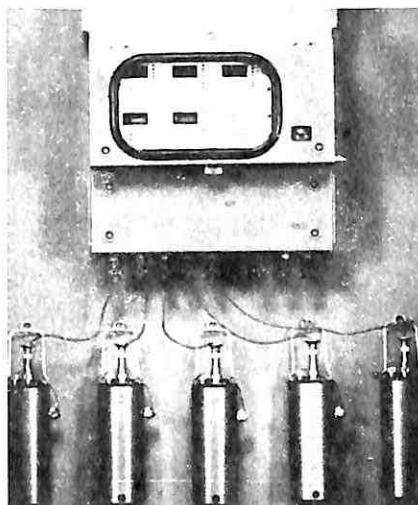


ni vazduh koja teže samo oko 1/3 težine konvencionalnih creva za komprimovani vazduh. Mantex creva su otporna na ulje i hemikalije i primenjiva su za dovod komprimovanog vazduha bilo koje temperature u čekiće, ručne stenske burgije i teške bušilice i utovarne mašine. Međutim, ona se takođe mogu koristiti kao creva za dovod isplačne vode. Mantex creva za komprimovani vazduh se proizvode u pet raznih dimenzija sa unutrašnjim prečnikom od 20 do 76 mm i u dužinama do 200 m. Sa debjinom zida između 2 i 3 mm ona su pogodna za radne pritiske do 10 bara. Prema tvrdnjii proizvođača pritisak prskanja je najmanje pet puta veći od maksimalnog radnog pritiska.

*Mining Reporter 119*

## Sistem za praćenje CH<sub>4</sub>

Sistem za praćenje CH<sub>4</sub> Ex-Alarm BD 5000 demonstriran ruderstvu Nemačke sastoji se od centralnog uređaja sa Sch(e) i (Sch)i i zaštitom i emiterima za pet izmerenih vrednosti sa (Sch)i, d zaštitom. BD 5000 je originalno konstruisan za eksploraciona radilišta, a naročito za ona sa izuzecima. Sistem je sada dalje razrađen za praćenje u skladu sa specijalnim ventilacionim smernicama u rudnicima



ma uglja. Poseduje uređaje za selektivno isključivanje električnih sistema uz istovremeno održavanje praćenja povratnog vazduha. Emiteri izmerenih vrednosti mogu biti postavljeni na najveću udaljenost od 7 km od centralnog uređaja. Proizvođač pruža sledeće dodatne karakteristične podatke za ovaj sistem: prenos izmerenih vrednosti bez smetnji, audio-frekventni prenos 5 do 15 Hz, dvožilni kabl, lokalni ekran na transduktoru uključenjem instrumenta.

*Mining Reporter 136*

# Kongresi i savetovanja

Apcom 86

## 19th International Symposium on the Computers Application in the Mineral Industries

15–18.IV 1986., The Pennsylvania State University, PA, USA

### Geostatistika

Ova oblast je predstavljena najbrojnijim referatima, od teoretske obrade novih postupaka do praktične primene. Treba istaći sledeće:

— A. G. Journal: *Prinudna interpolacija i meko krigovanje*. U ovom radu autor uводи индикатор слуčajnosti функцију, којом остварује кодирање чврстих numeričkih података, тј. принудну интерполяцију и остварује на тај начин међу квантитативну информацију као примарну расподелу вероватноће. Меко кrigovanje омогућује интерполяцију ових примарних у потону (каснију) расподелу непознатих података. На тај начин се омогућује увођење непознатих додатних информација унутар kostura dokaznih tehnika krigovanja. Метода омогућује да се у недостатку података користе подаци које дaju геолози.

— P. A. Dowd: *Geometrijske i geološke kontrole u geostatističkoj proceni i modeliranju rudnog tela*. У свакодневном раду у процениrudnog ležišta vrlo važan проблем је геолошка контрола у процени и моделирањуrudnog tela. У прaksi, многе геолошке контроле у аутоматској или полуавтоматској процени и моделирању су, суštinski, геометријске контроле. Циљ овог рада је да прикаже две нове технике геометријско-геолошке контроле. Ове технике су, у неком смислу, типови процене и/или интерполатори облика. Прва је метода уklapanja rascepkih (splines) površina u proceni kontrolisanog rudnog tela i odvijanje tela; друга метода је примена Minkowske adicije u interpolaciji oblika као што је изгледrudnog tela ili otkopnih granica u kontrolnoj proceni.

— Y. C. Kim i S. L. Barua: *Upotreba kondicionalne simulacije za utvrđivanje minimalnog uzorkovanja u proizvodnji rudnika*. Да би се остварио уговором прецизирани квалитет угља, потребно је прецизирати минимални број узимања узорака за анализу квалитета. Комбинација kondicionalne simulacije i simulacije постојеће методе откопавanja коришћена је да се уstanovi под којим условима узорковање у proizvodnji ne sadrži prostornu korelaciju. Тек након тога може се утврдiti минимални volumen који се узоркује да би се користила позната Gy-ova formula. Primer je prikazan za ležište na lokaciji Homer City.

G. R. Lester je u referatu о homogenizaciji i proporcionaljanju otkopanog materijala применio kondicionalnu simulaciju i koregionalizaciju. У njemu се бави homogenizacijom i koregionalizacijom  $MgCO_3$  i  $CaCO_3$ .

H. Burger i ostali obraђују примену kondicionalne simulacije u ležištu каменог угља. У овом referatu се врши детаљна процена услова експлоатације, као што су дебљина слоја или udaljenost peščenjaka od слоја и сл., чиме се може protumačiti опасност од горског удара.

— I. Clark: *Način „stroge pravovaljanosti“<sup>\*)</sup> u primeni geostatistike*. Pojam „stroge pravovaljanosti“ се своди 70-tih година на упоређење стварног и проценjenog stanja. Касније су се методе проценjivale упоређивањем histograma greške procene. Drugi, као Parker (1979), Rendu, Borgman, предлаže друге поступке. NATO AS 1983, предлаže упоређивање тестирањем уklapanja variogramskog modela на улазне податке. Zbog svega тога, автор у referatu жељи да да прецизну дефиницију и поступак „stroge pravovaljanosti“.

— H. Taylor i ostali: *Studija simulacije u evaluaciji performanse metode konusnog uklapanja<sup>\*\*) z</sup> za procenu variograma*. Ovaj referat se бави проценом variograma u svim првцима у исто време (konusno uklapanje i korišćenje multiple regresije).

— A. Unal i C. Haycock: *Geostatistička karakterizacija ležišta uglja korišćenjem intervariabilnih korelacija*. Studija je rezultat истраживања, којим је доказано да постоји корелација међу особинама у угљу, као што су: дебљина слоја, pepeo, sumpor, запреминска тежина и сл. На основу тога се izvode dve konsekvene: (1) анализа корелације омогућује да се одреде геолошке zone; (2) када постоје uslovi, потребно је користити krigovanje u замену за krigovanje.

U nastavku су date praktичне примене geostatistike u процени rudnih rezervi: I.C. Denza Errico, kao i B. Fodor u ležištima boksita, E. Lefevre i F. Robida u ležištima fosfata, G. Verly u ležištima у којима је tešко предвидети kontakt između jalovine i rude (The Jerritt Canyon – ležište urana), применом multigausovog krigovanja, M. Perisić i ostali u ležištu urana, D. Constantinides i ostali – klasifikacija i rangiranje истраживања ležišta Kuroko (Zn–Ag–Pb) u Грчкој, M.J. Shulman за ležište gvozdene rude u nubijskim peščenjacima – strategija i процена истражних радова.

### Studije planiranja rudnika

#### (1) Programiranje proizvodnje na površinskim kopovima

M. Caudill i C. Lienert: *Simulacioni model zadovoljenja deponija na površinskom kopu uglja*; R. Singhail: *Primena kompjutera u proceni ležišta i planiranju proizvodnje površinskog kopa uljnih peskova i uglja*; Y. Zhang: *Novi pristup u planiranju proizvodnje površinskih kopova*; K. Fytas i P. Calder: *Kompjuterski model kratkoročnog i dugoročnog planiranja površinskog kopa*; M. Gershon: *Planiranje i programiranje proizvodnje u rudniku sa аспекта мешавине коју треба остварити*; K. Dugdale i T. Johnson: *Optimalni program proizvodnje površinskog kopa primenom Lagrangeove parametrizacije*; Z. You-di i ostali: *Simulacija korišćenjem orientiranog grafa u dugoročnom planiranju površinskog kopa*.

<sup>\*)</sup> „Cross Validation“

<sup>\*\*) The Cone Fitting Method</sup>

**(2) Programiranje proizvodnje u podzemnoj eksplotaciji**

J. West – Hansen i ostali: *Dugoročno planiranje u podzemnoj eksploraciji uglja* (primena sekvenčne teorije); Y. Nan i F. Wilke: *Analiza kompjuterske simulacije u proizvodnom sistemu podzemne eksploracije uglja*; C. Kelly: *Upotreba simulatora utovara u podzemnom rudniku*; S. Bandopadhyay i ostali: *Selektiranje korišćenja zemlje posle eksploracije rudnika korišćenjem algoritma Fuzzy*; R. Gerling i W. Helms: *Model dugoročnog programiranja proizvodnje vodonosnih slojeva*.

**(3) Razno**

N. R. Billette i B. P. Seka: *Kapacitet utovarnog sistema (analitički i simulacioni modeli)*; H. Sevim i ostali: *Pristup primenom verovatnoće u projektovanju mreža transportnih traka*; V. Stajer: *Razvoj i pravova-ljanost kompjuterskog modela utovarač-damper*; Y. L. Su: *Kompjutersko rešenje uz pomoć problema čekanja u redu primenjeno na odnosu rudnik-mlin*; H. Zuhag i H. Guohua: *Kompjuterska simulacija zbog predviđanja gubitaka metala i razblažavanja sadržaja u „block-caving“ metodi*; C. J. Savage i A. H. Preller: *Kompjuterizovani sistem planiranja rudnika u Rio Tinto rudnicima, S.A. (Španija)*.

**Informacioni sistemi upravljanja<sup>\*)</sup> i informacioni menadžment**

U ovoj oblasti su obrađeni mnogi referati, teoretske postavke i praktične primene i to u kaolinskoj industriji u Engleskoj (E.T.Sugar), arhitektura (struktura) celokupnog sistema upravljanja, kojim se pokrivaju podaci, hardware i komuniciranje (P.Williams i J.Cutland), održavanje mašina i kontrola zaliha u magacinu u rudniku (I.Jonkman), razvoj sveukupnog sistema održavanja (J.Kupfner), integralni tehnički sistem u rudniku (I.Adamson i D.O'Hara), informacioni menadžment u Minesoti (G.Jardine i A. McElrea), mrežno planiranje u velikim industrijskim jedinicama (P.Tanasković, M.Perišić i J.Mihajlović), ekonomski poslovni rizik i vrednost informacija u planiranju rudnika (R.Barnes), skup ciljeva u procesu geoloških podataka kao osnova planiranja i upravljanja rudnikom (V.Sukhov i I.Hienko), koji se bave problemom pretvaranja geostatističke greške procene u oblik ekonomskog poslovног rizika, mnogo pristupačnijeg za rudare i geologe.

**Finansijska evaluacija i primena kompjutera**

Prikazani su metoda i kompjuterski algoritam za izvođenje i obračunavanje stvarne stope profit-a (M.M.Hajdesinski), upotreba kompjutera u rudarskom oporezivanju u Ontario i podsticajnim programima (K.S.Rachamalla), simulacija efekta oporezivanja marginalnih mineralnih ležišta (H.M.Wells i K.Wong), optimizacija razvojnog projekta rudnika (J.D.Gardner) i geostatistika i finansijska ekonomika primjenjeni kod donošenja odluke u rudarskoj eksploraciji (J.Guzman).

**Primena u procesnoj preradi u rudarstvu**

Dato je utvrđivanje distribucije veličine paleta primenom kompjuterskog slikanja procesa (S.G.Grannes), razmazivanje meračkih grešaka u obračunu bilansa mase procesa PMS (F.Filament i ostali), optimizacija primenom kompjuterskog sistema metalurškog postrojenja (S.Kesler i B.Schneider), razvijanje matematičkog modela klatnog

stola (R.J.Manser i ostali), homogenizacija rovnog materijala u sistemima proizvodnje i deponovanja (P.Massacci i ostali), kombinovan kompjuter i automatska radiometrijska analiza u prikupljanju podataka i kontroli procesa (M.R.Wormald), izračunavanje optimalnih operacija za kompleksne sisteme prečišćavanja uglja (R.M.Bowen i ostali) i primena funkcija zbog matematičkog prikazivanja procesa u ciklonima (K.I.Stratford i T.J.Napier-Munn).

**Industrijske projekcije i studije**

U ovim referatima su obrađeni kompjuterski modeli potencijala tržišta metala (H.L.O.Huyck), mrežni plan snabdевања metalima (D.J.Shields i R.J.Hurdelbrink), stepen korišćenja kapaciteta koncentratora u Kanadi (L.S.Jen), kvantificirani šablon kratkoročnih podataka u cennama minerala (E.C.H.Becker) i neki primeri uspešne primene operacionih istraživanja i kompjuterskih metoda u ruderstvu Indije (D.K.Sinha).

**Sistemi podrške**

Ovde su prikazani simulacija klimatskog stanja u podzemnom radu primenom minikompjutera (M.J.McPherson i P.F.Mousser-Jones), razvoj i primena mnogo-periodnog, vremenski nezavisnog analizatora ventilacione mreže (D.R.Kalasky i I.M.Mutmansky), dekada aplikacija kompjuterskih modela u predviđanju prodora vode u otvorenim rudnicima uglja (A.S.C.Owitli-Eger), upozoravač gorskih udara u Sunshine rudniku, Kellogg, Idaho (E.Van Eckhout i ostali), interaktivne analize pomoću mikroprocesora kod predviđanja nestabilnih uslova tla (W.F.Kane i G.V.R.Goodman), mikrokompjuterski prijenosi sistem podataka kojim se prikupljaju podaci u podzemnom radu (I.K.Whyatt i I.R.McVey), automatsko planiranje i kontrola bušenja i miniranja u rudniku gvožđa (Y.P.Astafyev), optimalno drobljenje u podzemnom dobijanju (K.Nialson), kompjutersko optimiranje VCR rudarskog sistema — primena u rudniku Fankou (Pb-Zn), Kina, izbor alternative tehnike dobijaњa i dimenzije otkopa (S.Xiaotian i W.Zhengwen).

**Praćenje informacija u rudniku**

Prikazano je pet referata koji se bave praćenjem podataka u rudniku.

Tri referata su se bavila problemom *kompjuterske grafike*, od kojih je vrlo interesantan: „Primene kompjuterske grafike u površinskim kopovima“ (P.I.Nebgen i R.C.Warner).

\* \* \*

Kao što se iz sadržaja simpozijuma vidi, učinjen je veliki napredak u primeni kompjutera i operacionih istraživanja u svim oblastima ruderstva i, što je značajno, proširuje se krug onih zemalja i organizacija u svetu, koje se bave i praktično primenjuju kompjutere. Značajna je, osim toga, sve veća primena minikompjutera u interaktivnom radu praćenja, analiziranja, kontrole, planiranja i upravljanja procesima u rudniku, pripremi mineralnih sirovina i zaštiti radne sredine.

Sledeći simpozijum će se održati pod nazivom APCOM 87 — 20th INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE APPLICATION OF COMPUTERS AND MATHEMATICS IN THE MINERAL INDUSTRIES od 19–23. oktobra 1987. godine u Johannesburg-u, South Africa.

<sup>\*)</sup> Management Information System

## Bibliografija

A g a f o n o v , V.A.: Pitanja razrade projekta kompleksnog programa razvoja rudarskog industrijskog kompleksa (Voprosy razrabotki projekta kompleksnoj programmy razvitiya gornopromyshlenogo kompleksa)

„Celev. kompleks. progr.: vopr. razrab., modelir., ispol'z.”, M, 1984(1985)m str. 161–198, t il., 13 bibl. pod., (rus.)

B a c c h m a n n , H.: O povećanju ekonomičnosti rudarskih radova (A banaszati termeles gazdasagossaganak noveleserol)

„Banyasz. es. kohasz. Iapok. Banyasz.”, 118(1985)7, str. 425–430, (mađ.)

D i e t z e , V.: Praksa primene matematičkih metoda analize i izbora optimalne strukture procesa rudarske proizvodnje (Weitere Erfahrungen bei der Anwendung mathematischer Methoden zur Analyse und optimalen Strukturierung der Bergbauprozesse)

„Neue Bergbautechnik”, 15(1985)11, str. 416–420, 8 il., 9 bibl. pod., (nem.)

S e m e n k o v , M.S.: Optimizacija režima rudarskih radova uz vođenje računa o preradi nekondicione rude (Optimizacija režima gornih radov s učetom pererabotki nekondicionnyh rud)

„IVUZ Gornij ž.”, (1985)11, str. 45–49, 1 il., 1 tabl., (rus.)

A g o š k o v , M. i K o z a k o v , E.: Učešće faktora vremena u rudarskim ekonomskim proračunima (Učet faktora vremeni v gornoekonomičeskikh rasčetah)

„Vopr. ekon.”, (1985)11, str. 72–75, 5 bibl.pod., (rus.)

Y i n g m i n g , Ma. i Shuren , V.: Izrada hodnika u nestabilnim navodnjenim stenama u jamama NR Kina (Cchachtabteufen im wasserführenden nichtstandfesten Gebirge in China)

„Glückauf”, 121(1985)19, str. 1434–1437, 5 il., 2 tabl., (nem.)

U s a č e n k o , B.M., K o s e n k o , V.I. i dr.: Izrada kosih hodnika kombajnima (Provedenie naklonnyh stvolov prohodčesníkem kombajnem)

„Šahtn.str.-vo”, (1985)12, str. 22–23, 1 il., (rus.)

P e k n i k , J.: Pitanje zaštite vertikalnih investicionih hodnika pri otkopavanju bez ostavljanja stubova (K problematice ochrany svíslých otvirkových del pri bezpírovém dobývání)

„Uhli”, 33(1985)9, str. 350–352, 13 bibl.pod., (češ.)

B r o w n , E.T.: Mechanika stena – od teorije do prakse (From theory to practice in rock engineering)

„Tunnelling’85: Proc. 4th Int. Symp., Brighton 10–15 mart 1985”, London, 1985, IX–XXV, 23 il., 58 bibl.pod., (engl.)

B a h t i n , G.A. i T y n t e r o v a , N.B.: Poboljšanje metoda statističkog modeliranja na bazi kanonske i složene regresije i njihovo korišćenje pri ispitivanju osobina stena (Ulučenje metodov statističkog modeli-

rovanija na osnove kanoničkoj i smešanoj regressiji i ispol'zovanje ih pri issledovanii svojstva gornih porod) „Tehnol. i mehaniz. dobijci uglja otkryt. sposobom”, M., 1985, str. 120–126, 1 tabl., 4 bibl.pod., (rus.).

L a t y š e v , O.G., I v a n o v a , S.S. i S u v o r o v , B.I.: Uticaj površinsko-aktivnih materija na fizičke osobine stena (Vlijanie poverhnostno-aktivnyh veščestv na fizičeskie svojstva gornih porod) „Ivuz Gornij ž.”, (1985)12, str. 1–5, 3 il., 2 bibl.pod., (rus.)

M a k a r o v , J.U.S.: Pitanje prognoziranja čvrstoće slojeva uglja (K voprosu prognozirovaniya pročnosti ugoł'nyh plastow) „Nauč. saobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1985)240, str. 75–79, (rus.)

K o l m a k o v , V.V.: Kontinualna kontrola stanja stenskog masiva kao faktor poboljšanja sigurnosti na radu (Nepreryvnij kontrol' sostojanija gornogo massiva kak faktor povyšenija bezopasnosti truda)

„Vopr. aerol., ohrany truda i prirody”, Kemerovo, 1985, str. 81–84, 1 il., 4 bibl. pod., (rus.)

B a l i n č e n k o , I.I., M h a t v a r i , T.Ja. i S i m o n o v , A.A.: Promena naponskog stanja sloja opasnog na izboj pri radu kombajna (Izmenenie naprjažennogo sostojaniya vybrosoopasnogo plasta pri rabote kombajna) „Sozdanie bezopasn. uslovia truda v ugoł'n. šahtah”, Makeevka, Donbas, 1985, str. 91–93, 2 bibl. pod., (rus.)

S a m a r c e v , G.I.: Ispitivanje zakonitosti raspodele napona i pomeranja u masivu oko rude pri otkopavanju stešjenih rudnih tela (Issledovanie zakonomernosti raspredelenija naprjaženij i smešenij v okolorudnom massive pri otrabotke sblizennyh rudnyh tel)

„Meh. gorn. massiva”, Karaganda, 1985, str. 105–109. 2 il., (rus.)

A l e k s a n d r o v , A.N., K r y l o v , I.V. i V y g o d i n , M.A.: Eksperimentalna ispitivanja pojave jamskog pritiska u hodnicima pri tamponiranju podgrađenog prostora samovezujućim materijalima (Eksperimental'nye issledovaniya projavlenij gornogo davlenija v vyrobokh pri tamponaze zakreplennogo prostranstva tverdejušcimi materialami)

„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1985)243, str. 125–128, (rus.)

G o r b a Č e v , D.T., K v i n i h i d z e , N.S. i dr.: Pojave jamskog pritiska u mehanizovanom otkopu pri otkopavanju moćnog strmog sloja horizontalnim slojevima (Projavlenija gornogo davlenija v mehanizirovannom očistnom zaboru pri razrabotke močnogo krutonaklonnogo plasta gorizontál'nymi slojami)

„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1985)243, str. 114–119, 2 il., 1 tabl., (rus.)

G i a n f r a n c o , B.: Izbor bušaćeg instrumenta na površinskim otkopima (Scelta dei mezzi di perforazione in una cava di inertii o di minerali a cielo aperto)

„Quarry and Constr.”, 23(1985)11, str. 54–56, 61–64, 7 il., (ital.)

N a n d e, N.K.: Ocena tehnoloških šema bušenja za moćne površinske otkope (Evaluation of a drilling system for large open-cast mine)

„Indian Mining and Eng. J.”, 24(1985)8–9, str. 25–30, 6 il., 3 tabl., 7 bibl.pod., (engl.)

L u č k o, I.A., B u l a v a c k a j a, A.M. i T k a č u k, K.N.: Hidrodinamički proračun zone razaranja pri miniranju dva minskih punjenja postavljena pod ugлом na slobodnu površinu stenskog masiva (Gidrodinamičeskij račet zony razrušenja pri vzryve dveh špurovih zarjadov, raspoložených pod ugлом k svobodnoj poverhnosti gornogo massiva)

„Vzryv v gruntah i gorn. porodah”, Kiev, 1985, str. 84–89, 2 il., 5 bibl.pod., (rus.)

A d u š k i n, V.V., P e r n i k, L.A. i R e p i n a, M.V.: Modelska ispitivanja eksplozije linjski postavljenog minskog punjenja na padini (Model'nye issledovaniya vzryva linejno-protjažennogo zarjada na sklonie)

„Vzryv v gruntah i gorn. porodah”, Kiev, 1985, str. 67–72, t il., (rus.)

M i h a l i u k, A.V. i L y s j u k, N.A.: Uporedna efektivnost metoda upravljanja eksplozijom pri torpedovanju minskih bušotina (Sравнительная эффективность методов управления взрывом при торпедировании скважин)

„Fiz.-tehn. probl. razrab. polezn. iskopаемых”, (1985)6, str. 34–40, (rus.)

G a n o p o l's k i j, M.I. i S m o l i j, N.I.: Udarni vazdušni talasi pri milisekundnom miniranju na površinskim otkopima (Udarnye vozdušnye volny pri korotkozamedennom vzryvaniyu na otkrytyh gornyh rabotah)

„Fiz.-tehn. probl. razrab. polezn. iskopаемых”, (1985)6, str. 46–51, (rus.)

R a g o z i n a, T.K., R y ž o v a, T.A. i dr.: Eksperimentalna ispitivanja aluminiziranih karbatola pri mehaničkom pripremanju i punjenju na samom mestu primene (Eksperimental'nye ispytaniya aluminizirovannykh karbatolov pri mehanizirovannom prigotovlenii i zarjažanii na meste primenjenija)

„Vzryv. delo”, Moskva, (1985)87/44, str. 145–149, 1 il., 3 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

B a s s, G.A.: Intenzifikacija mešanja eksploziva i punjenja minskih bušotina (Intensifikacija smešivanja VV i zarjažanja skvaziñ)

„Vzryv. delo”, Moskva, (1985)87/44, str. 238–244, 3 il., 3 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

M a r t y n e n k o, S. V.: Industrijsko ispitivanje uređaja tipa „Talisman” za punjenje minskih bušotina na površinskim otkopima (Promyšlennye ispytaniya ustrojstva tipa „Talisman” dlia zarjažanija tehnologičeskikh skvaziñ na kar’erah)

„Vzryv. delo”, Moskva, (1985)87/44, str. 128–133, 2 il., 2 bibl., pod., (rus.)

K u t u z o v, B.N.: Perspektivne šeme mehanizacije miniranja na površinskim otkopima (Perspektivnye shemy mehanizacii vzryvnyh rabot na kar’erah)

„Vzryv. delo”, Moskva, (1985)87/44, str. 70–75, 1 il., (rus.)

M i c u k, A.I. i Ž i r o n k i n, E.S.: Praksa uvođenja sredstava za mehanizaciju punjenja kratkih i dugih minskih bušotina granulisanim eksplozivom u podzemnim rudnicima obojene metalurgije (Optyt vnedrenija sredstva mehanizaciji zarjaženija špurov i skvaziñ granulirovannymi VV na podzemnyh rudnikah cvetnoj metallurgii) „Vzryv. delo”, Moskva, (1985)87/44, str. 233–238, (rus.)

P l u ž n i k o v, V.F.: Usavršavanje tehnike, tehnologije i mehanizacije miniranja u obojenoj metalurgiji (Soveršenstvovanie tehniki, tehnologii i mehanizacii vzryvnyh rabot v cvetnoj metallurgii)

„Vzryv. delo”, Moskva, (1985)87/44, str. 10–18, 8 bibl.pod., (rus.)

M a r t y n o v a, G.F., K a l' k o v s k a j a, E.P. i P o - ž i d a e v, B.M.: Hromatografsko određivanje sastava produkata eksplozije industrijskih eksploziva (Hromatografskoe opredelenie sostava produktov vzryva promyšlennyh VV)

„Sozdanje bezopas. uslovi truda u ugol. šahtah”, Makeevka, Donbas, 1985, str. 145–146, 2 bibl.pod., (rus.)

J o n k o v, H.: Izrada vertikalnih podzemnih hodnika pomoću dubokih minskih bušotina i sekcionog miniranja (Prokarvane na vertikalni podzemni izrbotki črez d'lboki sondazi i sekcionno vzvijjane).

„Tr. Bazata razvitie i vnedr. DSO Hidrostroj”, 1(1984), str. 81–86, 5 il., 1 tabl., 3 bibl.pod., (bugar.)

K o š a r n o v, M.F., K o m z o l o v, A.V. i Z o n t o - v i ĉ, Ju.K.: Povećanje efektivnosti bušenja i miniranja pri otkopavanju ložišta uglja u surovim klimatskim uslovima (Povyšenie effektivnosti burovzryvnyh rabot pri razrabotke ugoł'nyh mestoroždenij v surovyh klimatičeskikh uslovjyah)

„Tehnol. i mehaniz. dobyči uglja otkryt. sposobom”, M., 1985, str. 61–65, (rus.)

G a l i ċ, V.M. i R i h t e r, Ė.B.: Uticaj mehanizacije miniranja na kapacitet bagera na površinskim otkopima — na primeru površinskog otkopa Nerjungrinskij (Vlijanje mehanizacije vzryvnyh rabot na proizvoditel'nost' ekskavatorov na razrezah — na primere razreza Nerjungrinskij)

„Tehnol. i mehaniz. dobyči uglja otkryt. sposobom”, M., 1985, str. 56–59, 1 tabl., 2 bibl. pod., (rus.)

R a u b e r, M.: Sadašnje stanje i razvoj tehnike za izradu hodnika u jami Ensdorf (Entwicklung und Stand der Vortriebstechnik auf dem Bergwerk Ensdorf)

„Glückauf”, 121(1985)19, str. 1459–1464, 8 il., (nem.)

Ž e g a l i n, Ja.A. i D e n i s o v, I.B.: Kompleksi za izradu uskopa velike dužine (Kompleksy dija provedenija vostajuščih vyrabotok bol'soj protjažnosti) „Šaht. str.-vo”, (1986)1, str. 7–8, 1 tabl., (rus.)

B o r z y h, A.F. i G o r b u n o v, I.A.: Uticaj krovine promenljive strukture na rad čela (Vlijanje krovli plemennoj struktury na rabotu lavy)

„Ugoł' Ukrainy”, (1985)11, str. 16–17, 2 il., (rus.)

A d l i n a, L.L.: Uticaj rasporeda stenskih proslojaka u slojevima uglja srednje moćnosti na izbor postupka otkopavanja (Vlijanje raspoloženija porodnih proslojkov

v ugol'nyh plastah srednej močnosti na vybor sposoba vyemki)  
„Nauč. soobšč. gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1985)240, str. 68–72, 1 il., 5 bibl.pod., (rus.)

Lavruhin, L.Ja.: Tehničko-ekonomска ocena sigurnosti tehnoloških sistema otkopavanja primenom mehanizovanih kompleksa OKP70 i KM130 (Tehničko-ekonomičeskaja ocena nadežnosti tehnologičeskikh sistem očistnyh rabot s primeneniem mehanizirovannyh kompleksov OKP70 i KM130)  
„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1985)243, str. 69–74, 2 tabl., 2 bibl.pod., (rus.)

Hudin, J.L., Glazov, D.D. i Mamontov, S.V.: Kompleksno-mehanizovano otkopavanje oštećenih slojeva uglja (Kompleksno-mehanizirovannaja vyemka narušennych ugol'nyh plastov)  
M., „Nedra”, 1985, 196 str. il., (knjiga na rus.)

Getopanov, V.N. i Žurov, V.P.: Izbor i ocena pokazateľa sigurnosti agregata za otkopavanje uglja bez stalnog prisustva ljudi na otkopu (Vybor i ocenka pokazateľej nadežnosti agregatov dlia vyemki uglja bez postojannogo prisutstvia ljudi v očistnom zabe) „Mehaniz. očist. i prohodčes. rabot”, Kemerovo, 1985, str. 51–54, (rus.)

Ševčenko, V.S., Ostapenko, A.F. i dr.: Smanjenje ručnog rada u rudnicima uglja (Sokraštenie ručnog truda na ugol'nyh šahtah)  
Kiev, „Tehnika”, 1985, 117 str. il., (knjiga na rus.)

Dirner, V.: O problematici usavršavanja sistema otkopavanja u uslovima rudnika uglja rejon Rosice – ČSSR (K problematice zlepšení dobyvacích metod v podminách Rosických uhlínych dolů)  
„Uhli”, 33(1985)9, str. 353–358, 8 il., 4 bibl.pod., (češ.)

Polujanskij, S.A., Savickij, Ju.P. i Kramarčuk, A.V.: Ispitivanje u industrijskim uslovima efektivnosti rada uređaja za ispuštanje rude sa regulisanim poprečnim presekom ispusnog otvora (Issledovanie v promyšlennych usloviyah effektivnosti raboty ustankovki vypuska rudy s reguliruemym sečeniem vypuskognog oterverstija) „Nadežnost’ gorn. i transp. mašin”, Kiev, 1985, str. 69–76, 3 il., 4 bibl.pod., (rus.)

Das Samir, K., Chatterjee, T. i Roy, S.P.: Praksa primene novog sistema cementacije u jamskim prostorijama Indije i njegova ekonomski efektivnost (Experience with the pumped pack system and cost economics in an indian colliery)  
„Indian Mining and Eng. J.”, 24(1985)7, str. 7–14, 21, 2 il., (engl.)

Smolodyrev, A.E.: Hidropneumatska metoda zaspavanja za duboke horizonte rudnika (Gidropnevmatičeskij metod zakladki dlia glubokih gorizontov šaht) „Cv. metallurgija”, (1985)12, str. 21–24, (rus.)

Volkoy, V.T. i Doncul, N.F.: Određivanje potrebne debeline konsolidovanog sloja krovine iznad nje (Opredelenje neobhodimoj točšini uročenog sloja krovili nad nišnjem)  
„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1985)243, str. 89–92, 1 il., 1 tabl., (rus.)

Levintant, R.G.: Ispitivanje uzajamnog dejstva mehanizovane podgrude sa krovinom kod slojnog otkopavanja močnog blago nagnutog sloja (Issledovanie vzaimodejstvia mehanizirovannoj krepi s krovlej pri slovoj vyemke močnog pologogo plasta)

„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1985)243, str. 105–111, 2 il., 3 tabl., 5 bibl.pod., (rus.)

Budirsky, S.: Ocena efektivnosti zaštite od gorskih udara mehanizovanih podgrada (Hodnoceni učinnosti protifresove ochrany mechanizovanych vyztuzí)

„Uhli”, 33(1985)9, str. 334–340, 10 il., 2 tabl., 10 bibl.pod., (češ.)

Kalugin, A.F.: Određivanje racionalnih parametara otkopavanja u etapama površinskih otkopa azbesta (Opredelenie racional'nyh parametrov po etapnoj razrabotki asbestovyh kar'erov)

„Geol. i razrab. mestorožd. hrizotilasbesta”, Asbest 1985, str. 70–82, 3 il., (rus.)

Tehnologija i mehanizacija dobijanja uglja površinskim otkopavanjem (Tehnologija i mehanizacija dobyči uglja otvorenim sposobom)

M., „Nedra”, 1985, 144 str., il., (knjiga na rus.)

Tom Linson, J.D.: Površinsko otkopavanje uglja u Velikoj Britaniji (Open-cast coal mining operations in the United Kingdom)

„Braunkohle”, 37(1985)11, str. 471–479, 3 il., 4 tabl., (engl.)

Vogt V.: Otkopna i transportna tehnika na površinskim otkopima uglja (Gewinnungs – und Fördertechnik in Kohlenlagergebäuden)

„Mitteilungsbl. Techn. Univ. Clausthal”, (1985)60, str. 65–59, 20 il., 2 bibl.pod., (nem.)

Kovaljev, V.I.: Metodologija i varijantno modeliranje geološko-ekonomiske ocene rudnih ležišta pri površinskom otkopavanju (Metodologija i variantnoe modelirovanie geologo-ekonomičeskoy ocenki ruđnyh mestoroždenij pri otkrytoj razrabotke)

„Gornjih ž.”, (1985)12, str. 28–30, 1 il., 3 bibl.pod., (rus.)

Nizamedinov, F.K., Okatov, R.P. i Kanikieva L.A.: Proračun stabilnosti kosina površinskih otkopa uz vođenje računa o složenoj konfiguraciji površina slabljenja metodom poligona sila (Račun ustojčivosti kar'ernih otkosov s učetom složnoj konfiguracij poverhnosti oslabljenja metodom poligona sila)

„Meh. gorn. massiva”, Karaganda, 1985, str. 47–52, 2 il., 2 bibl. pod., (rus.)

Površinsko otkopavanje i okolna sredina (Opencast mining and the environment)

„Coal Int.”, 4(1985)4, str. 6, 8–9, 12, 7 il., (engl.)

Stratmann, J.: Ispitivanje produktivnosti rekultivacionih površina u rajsanskem basenu mrkog uglja (Ertragskundliche Untersuchungen auf Rekultivierungsfläche im Rheinischen Braunkohlengebiet)

„Braunkohle”, 37(1985)11, str. 484–491, 14 il., (nem.)

Otkopne mašine za površinsko otkopavanje (Surface miner results)

„Mining Mag.”, 153(1985)6, str. 54.1, 1 il., (engl.)

- Vitali, L.: Otkopno-utovarna oprema firme Fiat (Fiat per il movimento terra)**  
 „Quarry and Constr.”, 23(1985)11, str. 33–35, 3 il., (ital.)
- Stefanov, N.: Metode za proračun tehničkog kapaciteta bagera vredžara (Otnosno metodite za izčisljavanje na tehničeskata proizvoditeljnost na mnogokofovite bageri)**  
 „Minno delo”, 40(1985)9, str. 16–18, 5 bibl.pod., (bugar.)
- Papazov, V.V.: Rezerve za povećanje kapaciteta rotornih bagera (Reservy uveličenija proizvoditel'nosti rotornyh ekskavatorov)**  
 „Ugol”, (1986)1, str. 30–32, 1 il., 1 tabl., (rus.)
- Gonik, M.E., Lysenko, Ju.I.: Izbor osnovne i pomoćne opreme konvejernog transporta za površinske otkope obojene metalurgije (Vybor osnovnogo i spomognatel'nogo oborudovanija konvejernogo transporta dlja kar'erov cvetnoj metallurgii)**  
 „Razrab. i vnedrenie gorn. tehn. na otkryt. i podzemn. rabotah”, L., 1985, str. 30–34, 4 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)
- Tessmann, U.: Ispitivanja transportnih traka na probnim stolovima (Aufbau und Prüfkonzept eines impact-Gurtprüfstands)**  
 „Braunkohle”, 37(1985)11, str. 499–502, 7 il., 7 bibl. pod., (nem.)
- Električni vozovi za površinske kopove SSSR-a proizvodnje DDR (GDR Locomotive sets for USSR)**  
 „Coal Int.”, 4(1985)4, str. 329, 3 il., 1 tabl., (engl.)
- Pazin, P.A.: Korišćenje kiperu BelAZ-549 na površinskom otkopu „Kemerovougol” (Ispol'zovanie avtosamovsalov BelAZ-549 v PO „Kemerovougol”)**  
 „Tehnol. i mehaniz. dobijči uglja otkryt. sposobom”, M., 1985, str. 91–95, (rus.)
- Prevoz ljudi u rudnicima uglja (Personenbeförderung im Steinkohlenbergbau)**  
 „Bergbau”, 36(1985)12, str. 565–566, 12 il., 1 tabl., (nem.)
- Spravins, R.: Usavršavanje tehnologije podzemnog odvoza (The underground revolution)**  
 „S Afr. Mining, Coal, Gold and Base Minerals”, 1(1985) [má], str. 29, 31, (engl.)
- Pejsahović, G.Ja. i Remizov, I.P.: Podzemni transport u rudnicima i jamama (Podzemnyj transport šaht i rudnikov)**  
 M., „Nedra”, 1985, 565 str. 285 il., 60 tabl., 21 bibl.pod., (knjiga na rus.)
- Krause, F.: Problemi vertikalnog transporta rastresitog materijala korišćenjem gumenih traka (Betriebsprobleme mit Gummigurten bei der Senkrechtforderung von Schuttgurten)**  
 „Pr. nauk. Inst. gorn. Wrotcl.”, (1985)45, str. 113–124, 7 il., 5 bibl.pod., (nem.)
- Jablonski, R.: Transporteri sa trakom za transport uglja sa dubine od 1000 m na površinu u rudarskom preduzeću Selby – Velika Britanija (Przenoski rasmanowne do transportu węgla z głębokości 1000 m na powierzchnię w kopalni Selby – W. Brytania)**
- „Pr. nauk., Inst. gorn. Wrotcl.”, (1985)45, str. 97–94, 4 il., 1 tabl., 7 bibl.pod., (polj.)
- Masiyanj, A.S., Dekljarev, V.F. i dr.: Sredstva mikroprocesorske tehnike za upravljanje jamskim izvoznim i ventilacionim uređajima (Sredstva mikroprocessornoj tehniki dlja upravlenija šahtnymi pod'emyymi i ventilijatornymi ustankovkami)**  
 „Gornyj ž.”, (1985)12, str. 16–19, (rus.)
- Wainwright, J.: Užad velike čvrstoće za rudničke izvozne uređaje (Ultra high tensile ropes for mine winding)**  
 „S Afr. Mech. Eng.”, 35(1985)10, str. 425–427, 4 il., 2 tabl., 3 bibl.pod., (engl.)
- Korol', A.A.: Moderna inostrana oprema za obogaćivanje uglja (Sovremennoe zarubežnoe ugloobogatitel'noe oborudovanie)**  
 „Obr. inf. CNII ekon. i NTI ugol. prom-sti. Ekon. ugol. prom-sti”, (1985)12, 36 str., il. (rus.)
- Revnicev, V.I., Kapralov, E.P. i dr.: Moderni pravci usavršavanja tehnike i tehnologije drobljenja, mlevenja, klasifikacije rude i razvoja procesa selektivnog otvaranja minerala (Sovremennye napravleniya sovershenstvovaniya tehniki i tehnologii drobljenija, izmel'chenija, klasifikacii rud i razvitiya processov selektivnogo raskrytiya mineralov)**  
 „Soverš. processov-drobljenja, izmel'chenija, grohočenija i klasif. rud i produktov obogač.” L., 1985, str. 3–22, 4 il., (rus.)
- Fallon, N.E. i Gottfried, B.S.: Statističko prikazivanje krivih raspodela za gravitacione aparate za obogaćivanje uglja (Statistical representation of generalized distribution data for float-sink coal-cleaning devices)**  
 „Int. J. Miner. Process.”, 15(1985)3, str. 231–236, 2 il., 1 tabl., 4 bibl.pod., (engl.)
- Szyczyga, J., Pomianowski, A. i Czarnecki, J.: Osnovna fiziko-hemijska ispitivanja u oblasti flotacije mineralne sirovine (Fizykochemiczne badania podstawowe dotyczące flotacji surowców mineralnych)**  
 „Fizykochem. probl. mineralurg.”, (1985)17, str. 17–28, 1 bibl. pod., (polj.)
- Lecki, J., Chielewski, T. i Siliczyew, P.: Uticaj površinske mikrostrukture na flotabilnost pirita različitog porekla (Wpływ mikrostruktury powierzchni na flutowalność pirytów węglowych i skalnych)**  
 „Fizykochem. probl. mineralurg.”, (1985)17, str. 51–67, 9 il., 21 bibl.pod., (polj.)
- Panajotov, V.: Energetski aspekti selektivnog razdvajanja sulfidnih minerala pri floaciji (Energijni aspekti na selektivnoga razdeljane na sulfidnite minerali pri flotacijata im)**  
 „Minno delo”, 40(1985)10, str. 20–23, 5 il., 15 bibl. pod., (bugar.)
- Mangalam, V. i Khanganchyi, P.R.: Proučavanje veze između adsorpcije natrijum dietilditikarbamata i zeta-potencija na halkopiritu (Zeta-potential and adsorption studies of the chalcopyrite-sodium diethyl dithio carbamate system)**

„Int. J. Miner. Process.”, 15(1985)4, str. 269–280, 5 il., 3 tabl., 15 bibli.pod., (engl.)

Oliveira, R.F.E.: Postupak kontrole kvaliteta kolektora u procesima flotacije (Metodo para determinacao dosagem de coletor em flotacao)

„10 Encontro nac. trat. minérios e hidromet. Colet. trab. Encontro, Belo Horizonte, 23–25, maj 1984. An. event. tecn.”, Belo Horizonte, 1984, str. 87–92, 1 il., 1 tabl., 6 bibli.pod., (port.)

Pereira, C.E. i Clark, P.A.E.: Depresija silikata pri flotaciji bakarnih sulfida (Depressao de silicatos na flotacao de sulfetos de cobre)

„10 Encontro nac. trat. minérios e hidromet. Colet. trab. Encontro, Belo Horizonte, 23–25 maj 1984. An. event. tecn.”, Belo Horizonte, 1984, str. 337–346, 11 il., 1 tabl., 33 bibli.pod., (port.)

Martins da Silva, J.: Mineraloški aspekti flotacije fosfata (Efeito de alguns aspectos mineralógicos na flotacao de fosfatos)

„10 Encontro nac. trat. minérios e hidromet. Colet. Trab. Encontro, Belo Horizonte, 23–25 maj 1984. An. event. tecn.”, Belo Horizonte, 1984, str. 287–292, 1 tabl., 6 bibli.pod., (port.)

Vaughan, D.J.: Mineralogija sulfida: pregled sa specijalnim osvrtom na hidrometalurgiju (Sulfide mineralogy: a review with special reference to phases of interest in hydrometallurgy)

„Hydromet. Process Fundam. Proc. NATO Adv. Res. Inst., Cambridge, July 25–31 1982”, New York, London, 1984, str. 1–22, 6 il., 2 tabl., 16 bibli.pod., (engl.)

Milton, E.: Kinetika heterogenih procesa pri izluživanju sulfida teških obojenih metala (Heterogeneous rate processes in the leaching of base metal sulfides)

„Hydromet. Process Fundam. Proc. NATO Adv. Res. Inst., Cambridge, July 25–31 1982”, New York, London, 1984, str. 41–76, 27 il., 32 bibli.pod., (engl.)

Mulak, W.: Termodinamički, kinetički i elektrohemski aspekti izluživanja nikli sulfida (Termodynamiczne, kinetyczne i elektrochemiczne aspekty lugowania siarczkow niklu)

„Fizykochem. probl. mineralurg.”, (1985)17, str. 105–118, 9 il., 4 tabl., 25 bibli.pod., (polj.)

Figueira, M. i Pereira, E.: Primena hidrociklona za odmulinjanje fosfatnih ruda u rejonu Itataja (Aplicacao de hidrociclo na deslamagem da rocha fosfatica de Itatia–CE)

„10 Encontro nac. trat. minérios e hidromet. Colet. trab. Encontro, Belo Horizonte, 23–25 maj 1984. An. event. tecn.” Belo Horizonte, 1984, str. 575–584, 10 il., 1 tabl., 6 bibli.pod., (port.)

Kurmanukulov, Š.Ž., Eliševič, A.T. i Pilipenko, E.A.: Povećanje čvrstoće ugljenih briketa dodavanjem hidrofobizirajućih materija (Povyšenie pročnosti ugol'nyh briketov gidrofobizirujučimi dobavkami) „Ugol' Ukrayny”, (1985) 11, str. 43–44, 1 il., (rus.)

Ponomarev, G.P., Peskov, V.V. i Denisov, V.H.: Usavršavanje gravitaciono-flotacionih šema obogaćivanja bakar-niklovih ruda (Soveršenstvovanie gravitaci-

onno-flotacionnyh shem obogašenija medno–nikelevyh rud)

„Obogašenje rud”, (1985)6, str. 18–23, 4 il., 3.tabl., 7 bibli. pod., (rus.)

Assis, S.M.: Selektivna flokulacija i flotacija kamenog uglja (A floculacao seletiva – flotacao de carvao mineral)

„10 Encontro nac. trat. minérios e hidromet. Colet. trab. Encontro, Belo Horizonte, 23–25 maj 1984, An. event. tecn.”, Belo Horizonte, 1984, str. 35–42, 11 il., 14 bibli.pod., (špan.)

Aquinio, J.A.: Flotacija fosfatno-uranove rude (Flotacao do minério fosforo-uranífero de itataia)

„10 Encontro nac. trat. minérios e hidromet. Colet. trab. Encontro, Belo Horizonte, 23–25 maj 1984. An. event. tecn.”, Belo Horizonte, 1984, str. 347–369, (port.)

Zidko, A.S.: Prognoziranje rezultata obogaćivanja uglja za kokovanje metodom matematičkog modeliranja na elektronskom računaru (Prognozirovani rezul'tatov oboogaćenja uglja dlia kokovanija metodom matematičeskogo modelirovaniya na EVM)

„Koks i himija”, (1986)1, str. 6–10, (rus.)

Gapeleva, G.I.: Matematički opis procesa magnitne separacije azbestne rude (Matematičeskoe opisanie processa magnitnoj separacii asbestnoj rudy)

„Tehnol. obogaš. asbest, rud”, Åsbest, 1985, str. 83–89, (rus.)

Magakov, V.F.: Rudnička geologija (Rudničnaja geologija) Učeb. posobie dlia stud. geog. spec. vuzov, M., „Nedra”, 1986, 199 str., 51 il., 10 tabl., 39 bibli.pod., (rus.)

Benke, L. i Buocz, Z.: Problemi ventilacije vezani za primenu samohodne dizel opreme (A dizelmotoros onjaro berendezesek szelloztates kerdesei, lulos tekintet az ingajaratra)

„Banyasz. es kohasz. lapok. Banyasz.” 118(1985)8, str. 531–540, 10 il., 2.tabl., 15 bibli.pod., (mađ.)

Yu J.: Razrada postupka za automatsku korekciju rezultata merenja brzine vazdušne struje u jamama (The development of automatic correcting test stand for mine airflow meter)

„Čuncii desjue sjuebao, J. Chongqing Univ.”, 8(1985)3, str. 128–137, 9 il., 4.tabl., 5 bibli.pod., (engl.)

Svatnij, V.A.: Stabilnost i parametri sistema neposrednog numeričkog upravljanja utroškom vazduha u otkopnim zonama (Ustojčivost i parametry sistem neposredstvennogo cifrovoga upravljenja rashodami vozduha na vyemočnyh učestkah)

„IVUZ. Gornj ž.”, (1985)12, str. 66–68, 1 il., 3 bibli.pod., (rus.)

Vladimirov, E.A., Lebed' A.G. i dr.: Modeliranje na elektronskom računaru ventilacije otkopnih komora (Modelirovanie na EVM ventilacii očistnyh kamер)

„Ventilacija šah i rudnikov: Aerogazodinam. gorn. vyrobok”, L., 1985, str. 93–100, 3 il., 5 bibli.pod., (rus.)

Kliškan' A.F. i Raskidkina, A.P.: Koeficijent gubitaka vazduha i aerodinamički otpor elastičnih ventilacionih cavi tipa 1A i 1B (Coefficient uteček vozduha i

- aerodinamičeskoe soprotivlenie gibkih ventilacionnyh trub tipa 1A i 1B)  
„Sozdanie—bezopasn. uslovij truda u ugol. šahtah”, Makeevka, Donbass, 1985, str. 83–87, 1 tabl., 6 bibl.pod., (rus.) ..
- Glužberg, E.I. i Šalaev, V.S.: *Jedinstveni slučaj samozapaljivanja uglja i njegovi uzroci* (Unikal'nyj slučaj samovozgoranija uglja i ego pričiny)  
„IVUZ. Gornij ž.”, 4(1986)1, str. 64–67, 1 tabl., 2 bibl.pod., (rus.) ..
- Hobotkov, A.M.: *Novi inercioni aparat za otprišavanje rudničke atmosfere* (Novyj inercionnyj apparat dlja obesplivaniija rudničnoj atmosfery)  
„Voprosy aerol., ohrany truda i prirody”, Kemerovo, 1985, str. 96–101, 1 tabl., 7 bibl.pod., (rus.) ..
- Kelly, J.S.: *Homotropna ventilacija snižava zaprašnost vazduha u dugačkim čelima* (Homotropal Ventilation for Longwall Dust Control)  
„World Mining Equip.”, 9(1985)12, str. 24–26, (engl.)
- Fejt, G.N.: *O opasnosti od izboja uglijenih slojeva na velikim dubinama* (O vybrosoopasnosti ugol'nyh plastov na bol'sih glubinah) „Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im A.A. Skočinskogo”, (1985)242, str. 17–26, 2 il., 2 tabl., 7 bibl.pod., (rus.) ..
- Nasakaeve, E.Ž. i Svincov, P.F.: *Ocena naponskog stanja opasnosti od izboja slojeva u jamama Karagandinskog basena* (Ocenka naprjažennogo sostojaniya vybrosoopasnyh plastov na šahtah Karagandinskogo bassejna)  
„Meh. gorn. massive”, Karaganda, 1985, str. 85–90, 2 il., 1 tabl., 2 bibl. pod., (rus.) ..
- Dosa, Z. i Szentai, G.: *Proboj vode u jami Banata* (Banta banyai vizbetores es tanulsagai)  
„Banyasz. es. kohasz. lapok. Banyasz.”, 118(1985)9, str. 577–583, 6 il., 8 bibl.pod., (mađ.)
- Vancí, V.: *Pitanje optimizacije zaštite od zračenja u rudnicima urana* (Prispevek k optimalizacii ochrany pred zarenim v uranovych dolech)  
„Pr. lek.”, 37(1985)8, str. 294–296, 9 bibl.pod., (češ.)
- Usavršavanje sredstava i metoda rudarskih spasilačkih radova (Soveršenstvovanje sredstv i metodov vedenija gornospasatel'nyh rabot)  
Sb.nauč. tr. Makeev. in-t po bezopasn. rabot v gorn. prom-sti, Doneck, 1985, 125 str., il., (zbornik na rus.) ..
- Privatov, N.I., Romachuk, A.L. i dr.: *Operativno planiranje na bazi elektronskog računara radova na spašavanju u zoni visokih temperatura* (Operativnoe planirovanie na baze EVM gornospasatel'nyh rabot v zone vysokih temperatur)  
„Soveršen. sredstv. i metodov vedenija gornospasat. rabot”, Doneck, 1985, str. 11–16, 1 il., 3 bibl.pod., (rus.) ..
- Wagner, K.H.: *Usavršavanje zaštitne aparature za disanje zrudare i rudarske spasioce* (Entwicklung von Atemschutzgeräten für Rettung und Selbstrettung)  
„Glückauf”, 121(1985)18, str. 1362–1368, 12 il., 6 bibl.pod., (nem.) ..
- Drobec, V.A.: *Osnovni pravci usavršavanja regenerativnih respiratora sa komprimovanim kiseonikom* (Osnovy napravljenija soveršenstvovanija regenerativnyh respiratorov so sžatym kislorodom)  
„Soveršen. sredstv i metodov vedenija gornospasat. rabot”, Doneck, 1985, str. 45–52, 1 il., 7 bibl.pod., (rus.) ..
- Sleeman, V.: *Korišćenja zacementirane jalovine u industriji uglja Velike Britanije* (Practical application of cement bound minestone within the British coal mining industry)  
„Proc. Symp. Reclam., Treat. und Util. Coal Mining Westes, Durham, 10–14 sept., 1984”, London 1984, str. 53/1–53–19, 20 il., (engl.)
- Millard, H.: *Ocena dejstva podzemne eksploatacije uglja na okolnu sredinu* (Assessing the visual impact of deep coal-mining)  
„Geoforum”, 16(1985)3, str. 307–317, 4 il., 3.tabl., 16 bibl.pod., (engl.) ..
- Genkov, G.: *Rekultivacija odlagališta* (Šće oživejat li m'rtvite nasipišče)  
„Zaščita prirod.”, (ANR Bugarska), 11(1985)7, str. 8–9, 3 il., (bugar.) ..

---

---

**RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD**

izdaje časopis:

**„RUDARSKI GLASNIK“**

(izlazi 4 puta godišnje)

Oglašavajte vaše proizvode u časopisu!

**Redakcija**

---

---

# POSEBNA IZDANJA RUDARSKOG INSTITUTA

- dr inž. Janoš Kun:  
„POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA LIGNITA“ (I i II deo) 1.000.—
- prof. dr inž. M. Grbović — dr mr N. Magdalinović:  
„PROCESNA OPREMA DROBLJENJA I MLEVENJA MINERALNIH SIROVINA“ 200.—
- prof. dr inž. R. Simić — dr inž. D. Mršović — mr inž. V. Pavlović:  
„ODVODNJAVANJE POVRŠINSKIH KOPOVA“ 800.—
- prof. dr Velimir Milutinović:  
„KOMPLEKSNA METODOLOGIJA EKONOMSKE OCENE LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA“ 100.—
- dr inž. Mihailo Lasica:  
„MAGNEZITI JUGOSLAVIJE“ 800.—
- „GODIŠNjak o RADU RUDNIKA UGLJA U 1985. godini“  
(izlazi u II kvartalu 1986.) 7.000.—
- INFORMACIJA C<sub>1</sub> — Informacija o proizvodnji, zalihami i tržištu uglja  
— izlazi mesečno i daje sliku trenutnog stanja (godišnja pretplata) 3.500.—

Redovno izdanje:  
„RUDARSKI GLASNIK“, kvartalni časopis

za preduzeća 3.600.—  
individualno 1.000.—



**MANNESMANN  
DEMAG**  
Baumaschinen



#### MEĐU VODEĆIM PROIZVOĐAČIMA OPREME ZA RUDARSTVO

##### PROIZVODNI PROGRAM:

- Hidraulični bageri težine od 40 do 280 tona i volumena kašike od 2 do 21 m<sup>3</sup>
- Kombinirani sistemi: hidraulični bageri – kontinuirani transport
- Aquadiggeri – hidraulični bageri montirani na pontonu dohvata od 10 do 24 m dubine
- Mobilne drobilice



**Mannesmann Demag Baumaschinen**

Buscherhofstrasse 10 · Postfach 1803 61  
D-4000 Düsseldorf 13  
Phone (211) 7109-1 · Telex 8582 703

GENERALNI ZASTUPNIK  
**»INTERIMPEX-PROMET« - SKOPJE**  
sa predstavništvima  
**BEOGRAD, ZAGREB, LJUBLJANA, SARAJEVO**





## 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 eksploracije mineralnih sirovina
  - oplemenjivanja mineralnih sirovina i primarne prerade obojene metalurgije
  - miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arkitektonske 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 YURI

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

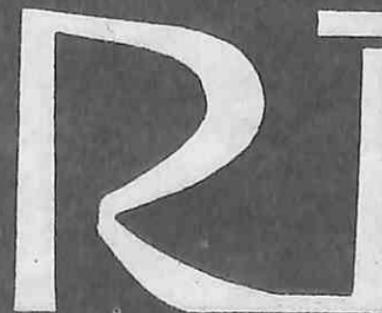
obratite se na:

POSLOVNİCU 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

