

**1** BROJ  
**67** GOD

# **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  
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2  
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN) YUGOSLAVIE  
ŠTAMPA: »SAVREMENA ADMINISTRACIJA« — GRAFIČKI POGON »BRANKO ĐONVIĆ«,  
GUNDULIČEV VENAC 25, BEOGRAD

**1** BROJ  
**67** GOD

# **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**  
**B E R G B A U Z E I T S C H R I F T**

**RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD (ZEMUN) BATAJNIČKI PUT BROJ 2 - JUGOSLAVIJA**

**GLAVNI UREDNIK**

**GLUŠČEVIĆ prof. ing. BRANKO, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA**

**AHCAN dr ing. RUDOLF, Rudarski institut, Beograd**

**ANTIC dipl. ing. MILAN, Mašinski fakultet, Beograd**

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

**BULJAN prof. ing. VLADIMIR, Rudarski institut, Beograd**

**COLIĆ dipl. ing. DRAGOMIR, Industrijsko-energetski kombinat, Kostolac**

**DRASKIĆ dr ing. DRAGISA, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**DULAR dipl. ing. SLAVKO, Udruženje jugoslovenskih železara, Beograd**

**IVANOVIĆ dipl. ekon. KOSTA, Odbor za koordinaciju olova i cinka, Beograd**

**KUN dipl. ing. JANOS, Rudarski institut, Beograd**

**LESIĆ prof. dr ing. ĐURA, Rudarski institut, Beograd**

**MAKAR dipl. ing. MILIVOJ, Rudarski basen »Kolubara«, Vreoci**

**MALIĆ prof. dr ing. DRAGOMIR, Tehnološki fakultet, Beograd**

**MARKOVIĆ dr ing. STEVAN, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**MARUNIĆ dipl. ing. ĐURA, Rudarski institut, Beograd**

**MILUTINOVIĆ prof. VELIMIR, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**MITROVIĆ dipl. ing. DRAGOLJUB, Rudarski institut, Beograd**

**MITROVIĆ dipl. ing. MIRA, Rudarski institut, Beograd**

**NOVAKOVIĆ dipl. ing. LJUBOMIR, Rudarski institut, Beograd**

**OBRADOVIĆ dipl. ing. PETAR, Rudarski institut, Beograd**

**PERISIĆ dr ing. MIRKO, direktor Rudarskog instituta, Beograd**

**PETROVIĆ dipl. geol. VERA, Rudarski institut, Beograd**

**SIMONOVIĆ dipl. ing. MOMČILO, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd**

**SPASOJEVIĆ dipl. ing. BORISLAV, savetnik, Beograd**

**STOJANOVIĆ prof. ing. DRAGUTIN, Mašinski fakultet, Beograd**

**TOMAŠIĆ dr ing. STJEPAN, Rudarski institut, Beograd**

**VELIČKOVIĆ prof. dr ing. DUŠAN, Mašinski fakultet, Beograd**

**VESOVIĆ dipl. ing. MILAN, Mašinski fakultet, Beograd**

**SADRŽAJ****INDEX****Eksploatacija mineralnih sirovina****DR ING. MURIS OSMANAGIĆ**

- Rezultati istraživanja uzroka i mehanizma gorskih udara, kao i zaštitnih mjera u Staroj jami rudnika Zenica* — — — — — 5  
*The Investigation Results of Causes and Mechanics of Coal Mine Bumps and the Prevention Measures Undertaken at Stara jama in Zenica Mine* — 22

**DIPL. ING. ANTON M. KOCBEK**

- Kritičko poređenje određivanja hidrauličkog pada pri strujanju dvofazne mešavine* — — — — — 23  
*Critical Comparison of Hydraulic Gradient Determination in Fluid-Solid Mixture Flow* — — — — — 39

**Priprema mineralnih sirovina****DIPL. ING. ZORAN PACIĆ — DR ING. DRAGISA DRASKIĆ**

- Mogućnosti primene pretkoncentracije na rudi rudnika Veliki Majdan* — — 41  
*Possibilities of Applying Preconcentration on Veliki Majdan Ore* — — 45

**DR ING. FILIP SER**

- Primena postupka kompleksiranja i kontrolne oksidacije za deprimiranje pirita u uslovima selektivnog flotiranja sulfidnih minerala olova i cinka rude Farbani Potok* — — — — — 47  
*Application of Treatment of Complexing and Control Oxidation for Pyrite Depressing in Selective Flotation of Sulphide Lead and Zinc Minerals of Farbani Potok Ore Body* — — — — — 57

**DR ING. RADICA MILOSAVLJEVIĆ**

- U prilog primeni elektronskog mikroskopa kod izučavanja pojave nerazdvajanja dva minerala po kontaktu u slučajevima relativno idealnog srastanja minerala* — — — — — 59  
*In Addition to the Use of Electronic Microscope for the Study of non Separation in Contact of two Relatively Ideal Intergrown Minerals* — — — 61

**DIPL. BIOL. DARINKA MARJANOVIĆ — DR ING. DUŠAN SALATIĆ**

- Mikrobiološko luženje bakra uz primenu površinski aktivnog agensa* — — 63  
*Microbiological Leaching of Copper by the Application of the Surface Active Agens* — — — — — 67

INDEX

*Automatika*

**DIPL. ING. LJUBISAV PETROVIC**

- Beskontaktno upravljanje pomoćnim strujnim kolima za automatiku vodocrp-  
nih stanica u rudnicima* — — — — — 69  
*Contactless Solution in Automation of Water-pump Stations in Mines* — — 71

*Iz istorije rudarstva*

**DR VASILJE SIMIC**

- Strani stručnjaci u rudarstvu Srbije (I deo)* — — — — — 72

*Kongresi i stručna putovanja*

**PROF. ING. BRANKO GLUŠČEVIĆ**

- Treći sastanak direktora nacionalnih naučno-istraživačkih rudarskih instituta,  
Moskva, 1966.* — — — — — 85

**DIPL. ING. PREDRAG BULATOVIC**

- Savetovanje o pripremi železnih ruda, Zenica, 1967.* — — — — — 86  
*Prikazi iz literature* — — — — — 86

## Rezultati istraživanja uzroka i mehanizma gorskih udara, kao i zaštitnih mjera u Staroj jami rudnika Zenica

(sa 13 slika)

Dr ing. Muris Osmanagić

U rudniku Zenica gorski udari su bili ranije malo poznati. Posljednjih godina oni su toliko učestali i pojačali intenzitet, da je ovaj rudnik postao jedan od najopasnijih rudnika uglja u odnosu na gorske udare. Za 3 godine, u periodu 1962. do 1964. godine, samo u jednom otkopnom reviru, u jednom ugljenom sloju, sklonom ka gorskim udarima, registrovano je 390 gorskih udara različitog intenziteta, od kojih su dva izazvala smrt više radnika.

Eksploataciono područje rudnika Zenica zahvata sjeverozapadni dio velikog srednjobosanskog bazena mrkog uglja, na kojem leži i grad Sarajevo. Ovaj bazen ima površinu od 900 km<sup>2</sup>, zauzima centralni geografski položaj u zemlji i po ugljenim rezervama kvalitetnog mrkog uglja najvažniji je bazen mrkog uglja u Jugoslaviji.

Ugljonosne naslage determinisane su kao oligomiocenske.

Glavna ugljonosna zona ovog slatkovodnog kompleksa tercijarnih sedimenata u bazenu, najpotpunije je razvijena na području rudnika Zenica i sadrži devet ugljenih slojeva, moćnosti između 1,5 i 20 m, sa različitim kvalitetom ugljene supstance.

Eksploataciju uglja u Srednjobosanskom bazenu vrše četiri rudnika: Kakanj, Breza, Zenica i Bila. Za sada se gorski udari pojavljuju jedino u rudniku Zenica i to uglavnom

u tzv. povlatnom sloju, koji je istovremeno i prvi eksploatacioni sloj. Na području, gdje je povlatni sloj isklinjen i ne vrši se njegova eksploatacija, gorski udari se javljaju u tzv. glavnom sloju, koji se nalazi 40—50 m ispod povlatnog sloja.

U periodu od 4. XI 1954. do 1. I 1962. godine u povlatnom sloju Stare jame registrovano je 65 gorskih udara. Prema gruboj klasifikaciji autora (određivanje njihovog intenziteta prema njihovim posljedicama) oni su bili razvrstani u:

- 16 lakih gorskih udara
- 25 srednjih gorskih udara
- 21 jaki gorski udar
- 3 najjača gorska udara.

U odnosu na mjesto dejsta bilo je:

- 17 gorskih udara na stubnim otkopima
- 14 gorskih udara na širokim čelima
- 34 gorska udara u pripremnim radovima.

Od 1. I 1962. do 1. I 1965. godine u povlatnom sloju bilo je u radu samo jedno široko čelo, dužine 100—150 m, koje je napredovalo po pružanju sloja sa padom sloja od 10°, sa otkopnom visinom između 1,8 m i 3,0 m, sa čeličnom podgradom na trenje, sa mi-

niranjem uglja i sa zarušavanjem krovine u starom radu. U tom periodu sa širokim čelom otkopano je ukupno 71.370 m<sup>2</sup> površine

ugljenog sloja, a u njemu se desilo 390 gorskih udara. Po intenzitetu oni su razvrstani na:

PROFIL	DEBLJINA	UKUPNA DEBLJINA	MATERIJAL
	0,30		lapor
	0,20		laporasti krečnjak
	0,20		
	0,20		
	0,20	5,01	
	1,80		ugalj
	0,50	3,21 2,71	laporasti krečnjak
	0,60	2,21	ugljeniti lapor
	0,27	1,71	laporasti krečnjak
	0,42	1,44	ugalj
	0,32	1,02	lapor
	0,18	0,80	ugljeniti lapor
	0,52		ugalj
			vapnasti lapor

PROFIL	DEBLJINA	DUBINA DUBINE	MATERIJAL
		26,20	sitnozmi pjesčar
		23,75	krupozmi pjesčar
	0,50	23,20	
	13,00		sitnozmi pjesčar
		10,20	krupozmi pjesčar
	0,70	9,50	
	9,30		krečnjak
		0,20	lapor
	0,30	2,00	

Sl. 1 — a) profil povlatnog sloja; b) profil krovine povlatnog sloja.

Fig. 1 — a) The top seam cross section; b) The top seam overburden cross section.



- 95 lakih gorskih udara
- 186 srednjih gorskih udara
- 84 jaka gorska udara
- 25 najjačih gorskih udara.

Među najjače gorske udare spada i gorski udar od 20. januara 1962. godine, koji je usmratio 3 jamska nadzornika, kao i gorski udar 25. novembra 1964. godine koji je usmratio 5 rudara.

U tom istom periodu sprovedena su obimna jamska mjerenja i proučavanja faktora koji prouzrokuju pojavu gorskih udara. Istovremeno su isprobavane i usavršavane različite tehničke mjere za smanjivanje opasnosti od gorskih udara.

#### Izvori vanredne napetosti ugljenog sloja

Navedeni ogroman broj gorskih udara, i to samo u jednom otkopnom reviru, svjedoči da se ovdje radi o neuobičajeno vanrednoj napetosti ugljenog sloja.

Iznenadni lom uglja i stijena kao stalna karakteristika u pojavi gorskih udara, bilo da se dešavaju u ležištima uglja, ležištima soli ili ruda, ukazuje na veliku važnost čvrstoće materijala, kao jedne od karakteristika fizičko-mehaničkih svojstava stijena.

Isto tako, kao opšte važeći uslov za pojavu gorskih udara smatra se danas prisustvo izvjesnih stijena u neposrednoj blizini sloja, ili u njemu samom, koje su sposobne da sakupljaju velike količine potencijalne energije da je zatim iznenadno oslobađaju sa rušilačkom snagom.

Povlatni sloj, kao što pokazuje sl. 1a, sastavljen je iz pojedinih ploča uglja čvrstoće 150—290 kg/cm<sup>2</sup>, ugljenog škriljca čvrstoće 750—870 kg/cm<sup>2</sup> i laporovitog krečnjaka čvrstoće 750—1.120 kg/cm<sup>2</sup>. Struktura ugljenog sloja je kao stvorena za akumuliranje i neravnomjernu raspodjelu potencijalne energije.

To isto važi i za prateće stijene povlatnog sloja. One se i u neposrednoj krovini i u podini sastoje iz ploča krečnjaka čvrstoće 500 do 700 kg/cm<sup>2</sup> i laporovitog krečnjaka čvrstoće 900—1100 kg/cm<sup>2</sup>. U njih su umetnuti tanki mekani proslojci lapora a u dubljoj podini ima više debljih ploča tvrdog lapora.

Osim toga, na visini 7 m iznad ugljenog sloja nalazi se 8,5 m debela ploča monolitnog sitnozrnog pješčara, koja se vrlo teško zarušava u otkopanom prostoru i stvara velika konzolna opterećenja na ugljeni sloj, sa predovanjem otkopa. Na slici 1b dat je profil krovine iz bušotine pod nagibom 41°.

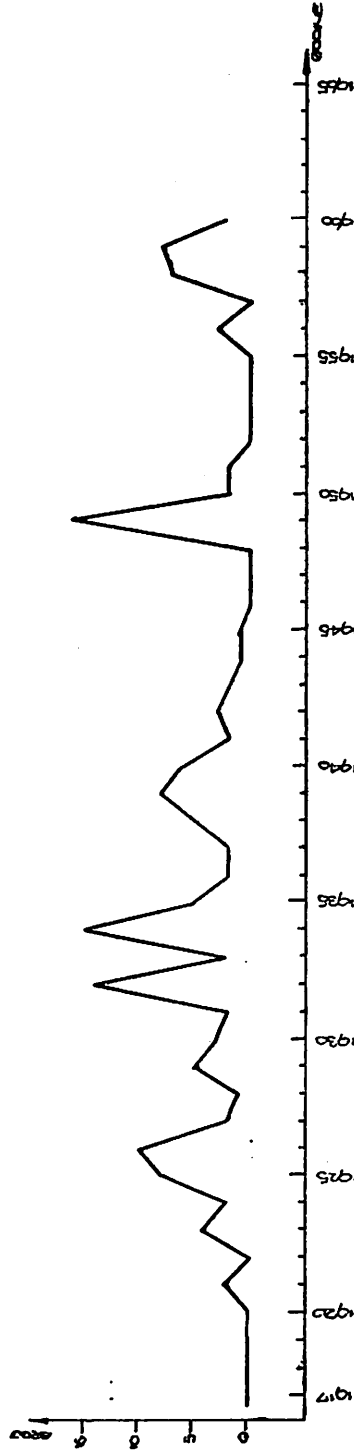
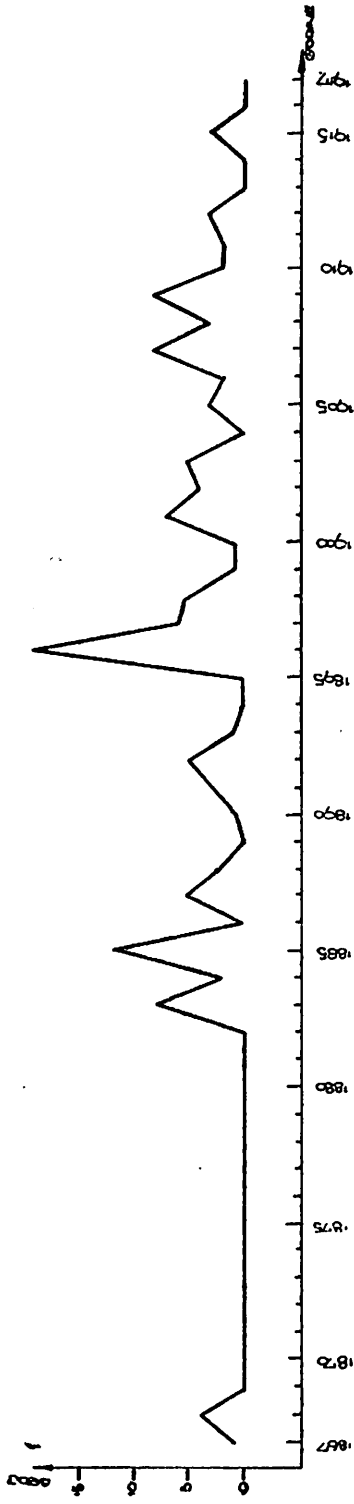
Ipak, izvori vanredne napetosti ugljenog sloja ne nalaze se samo u fizičko-mehaničkim svojstvima uglja i pratećih stijena i rudarskim radovima, već i u geološkoj građi ležišta, njegovoj tektonici kao i u seizmičkoj aktivnosti područja.

Podaci o zemljotresima potvrđuju da je ovaj bazen jedno od nemirnih seizmičkih područja u Jugoslaviji. Za posljednje 93 godine, kao što pokazuje dijagram na sl. 2, u Srednjobosanskom bazenu registrovan je 251 zemljotres. U samom gradu Zenica za taj isti period zabilježen je 41 zemljotres, a u gradu Travniku, koji je 19 km udaljen zapadno od Zenice, registrovano je 105 zemljotresa. To su obično bili zemljotresi III i IV stepena jačine, računato po skali Mercali — Cancani.

Velika razlika u broju zemljotresa između gradova Zenica i Travnika, iako se nalaze na relativno maloj međusobnoj udaljenosti, govori u prilog postavci da je ogromna većina zemljotresa vezana za busovački rasjed, koji sa jugozapadne strane ograničava bazen i da su ovo bili najčešće dislokacioni potresi. Grad Travnik nalazi se u blizini oboda velikog busovačkog rasjeda, gdje je tonjenje bazenskog dna bilo najintenzivnije. Zato se tu javlja i najveća učestalost dislokacionih potresa.

Iako na osnovu analize statističkih podataka o pojavama gorskih udara i zemljotresa nije utvrđeno da su zemljotresi bili neposredni izazivači gorskih udara, ipak ne treba zanemariti njihov uticaj na povećanje napetosti u zemljinoj kori, kod takvog složenog tektonskog sklopa, kao što je u Staroj jami rudnika Zenica, što olakšava pojavu gorskih udara.

Stara jama rudnika Zenica stjecište je nekoliko različitih tektonskih uticaja: velikog busovačkog rasjeda prema zapadu, osnovnog gorja na sjevernom obodu i osnovnog gorja na jugoistočnom obodu zeničkog dijela bazena. Centralni dio Stare jame, gdje se u blizini bušotine br. 6 (sl. 3) nalazi otkopni revir povlatnog sloja sa pojavama gor-

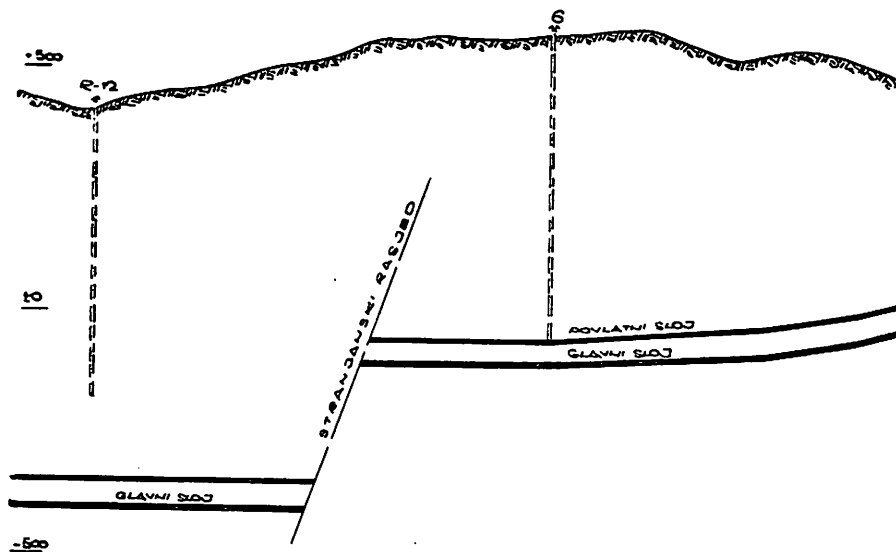


Sl. 2 -- Učestalost zemljotresa u Srednjobosanskom zeničko-sarajevskom basenu u periodu 1867—1960.

Fig. 2 -- The earthquake frequency in the Middle Bosnia Zenica—Sarajevo Basin, from 1867 to 1960.

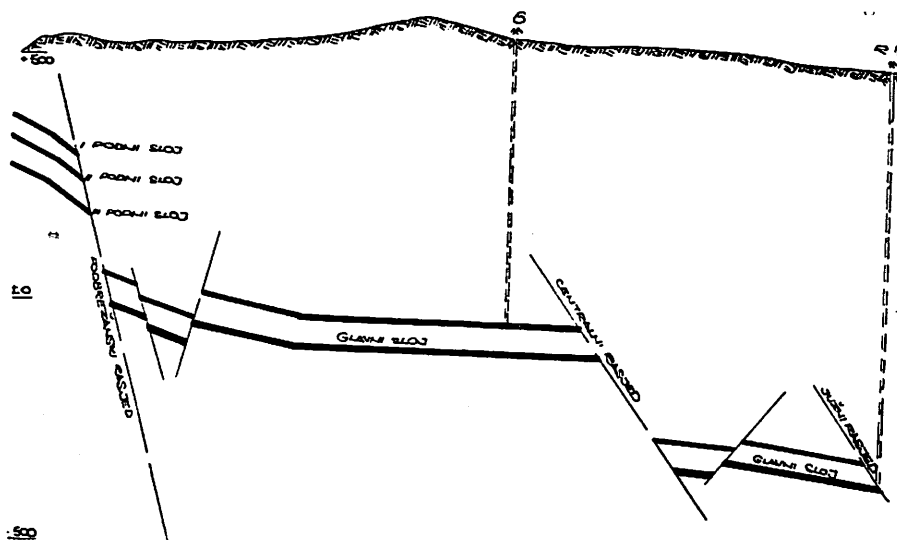
skih udara, uklješten je sa više strana krupnim rasjedima. Tu je u blizini i dno velike tektonske grabe zeničke uvale, čija se osa jednostrano spušta, od sjeveroistočnog ruba

osnovnog gorja ka središtu bazena, presječana istovremeno i poprečnim rasjedima. Ovo je najosjetljiviji dio srednje Bosne u seizmičkom pogledu.



Sl. 3 a) — Profil istok—zapad preko Stare jame između bušotina 6 i R-12

Fig. 3 a) — The East-West cross section through Stara jama between the drill-hole No 6 and R-12.



Sl. 3 b) — Profil sjever—jug preko Stare jame između bušotina 6 i R-13.

Fig. 3 b) — The Nord-South cross section through Stara jama, between the drill-hole No. 6 and R-13.

Takav tektonski sklop nužno sadržava, po mišljenju autora, u sebi i ostatke orogenetskih napona, osobito izraženih u čvrstoj vapnovitoj seriji povlatnog i glavnog sloja.

Geološki sastav naslaga ugljonošne zone ležišta, kao što pokazuje sl. 1, omogućava neravnomjernu raspodjelu potencijalne energije u zemljinoj kori. Ove razlike u raspodjeli potencijalne energije ne mogu se ukloniti na sadašnjoj dubini rudarskih radova (450 do 550 m od površine), iako se uzme u obzir djelovanje vremenskog faktora na čvrstoću stijena. Izračunat vertikalni napon dovoljan je da glineni lapor u višoj krovini dođe u hidrostatičku ravnotežu, ali nije dovoljan da se to postigne u vapnovitoj seriji povlatnog i glavnog sloja. Seizmička aktivnost na ovom području, sa svoje strane, izaziva čestu preraspodjelu potencijalne energije u ležištu. Time biva najviše pogođen paket čvrstih, pločastih, elastičnih, vapnovitih naslaga sa povlatnim i ugljenim slojem, koji je uslojen između moćnih, mekanih, plastičnih naslaga glinovitih lapora i glina.

Ovakav prirodni raspored i sklonosti naslaga povlatnog sloja ka gorskim udarima ne mogu se izbjeći. Zato se ne mogu do kraja ni likvidirati pojave gorskih udara i pored najpravilnijeg sistema eksploatacije. Ali ako znamo uzroke, koji aktiviraju i pojačavaju te pojave, mi možemo bitno smanjiti njihov broj i intenzitet.

### Gorski udari u pripremnim radovima

Snažno pucanje podine je jedna od glavnih karakteristika gorskih udara u pripremnim radovima u rudniku Zenica. Bokovi hodnika bivaju manje oštećeni, a krovina hodnika, nekada ostane pošteđena, iako je bila već ranije narušena. Obično, kao sekundarna pojava, dolaze i prolomi iz krovine.

Odlučujuće dejstvo gorskog udara iz podine povlatnog sloja uočeno je i na jednom radilištu gdje je podina malo narušena, a krovina jako polomljena. Tu je strahoviti opružni udar, dijagonalno iz podine, trenutno pribio čitavu prugu uz gornji bok, a u blizini čela radilišta potpuno je izvrnuo, tako da su pragovi došli na šine. Ovdje je i

donji bok hodnika razrušen po čitavoj dužini dejstva gorskog udara.

U istom hodniku za probu je bilo ugrađeno više redova ankeri u krovini između drvenih okvira. Tamo gdje su bili ankeri, gorski udar nije izazvao velike prolome krovine, već samo izvjestan poremećaj ankeri i narušavanje krovine pri donjem boku.

Ove pojave, kao i razaranje donjeg boka od gorskih udara — što je česta pojava — ukazuju na veliku razliku u naponima između pojedinih mjesta hodnika, osobito između gornjeg i donjeg boka hodnika.

Zona rasterećenja oko jamske prostorije, po pravilu, ima male razmjere. O tome svjedoče i pojave prskanja uglja u vidu mlaza, koja se obično pojavljuje u gornjem boku hodnika. Ta pojava znači da se zona visokog pritiska spustila do samog zida hodnika. U donjem boku hodnika zona rasterećenja prostire se dublje u jamski masiv (pad sloja bio je 10°). Dok je klivaž uglja u gornjem boku hodnika zatvoren i ugaj se teško kopa, dotle se ugaj u donjem boku raspucava u nizove tankih pločica, koje se zaoštreću prema sredini hodnika i može se golim okom primjetiti — poslije miniranja — putovanje uglja iz donjeg boka prema slobodnoj površini. Slično se dešava i sa ugajem ispod prve kamene ploče u podini hodnika, kada se ona razbija.

Nenormalno velika nagomilavanja napona na pojedinim mjestima hodnika uslov su za pojavu gorskih udara. Kod pravouganog profila hodnika ta su mjesta na njegovim uglovima. U slučaju kose jamske prostorije dolazi do još neravnomjernije raspodjele napona.

Iako su ta nagomilavanja napona u blizini uglova hodnika višestruko povećana, u odnosu na primarni napon u netaknutom masivu, ipak ona — čini se — nisu dovoljna za pojavu gorskih udara. Inače bi gorski udari na pripremnim radovima bili svakodnevna pojava. Oni su, međutim, izuzetna pojava.

Osnovni uslov za pojavu gorskih udara u hodnicima je, po mišljenju autora, da se ugljeni sloj već u prirodnom položaju nalazi u visoko naponskom stanju. Razlog za to može da bude uticaj otkopnog pritiska ili zaoštalosti orogenetski naponi u ležištu uglja.

## Pokreti duboke krovine

Posmatranja u rudniku Zenica pokazuju da je za pojavu gorskih udara važna ne samo elastična serija naslaga u bližoj krovini širokog čela, već i struktura naslaga duboke krovine, kao i promjene, koje se dešavaju u njoj.

Za izučavanje pokreta duboke krovine primenjen je jedan nov posredan metod. On se sastoji u masovnom kontinuiranom mjeranju popuštanja čeličnih stupaca na širokom čelu u dužem vremenskom periodu i to po određenim linijama u smjeru napredovanja širokog čela.

Utvrđena je periodična promjena veličine popuštanja čeličnih stupaca, sa izraženim maksimumom i minimumom, kao i skokovit prelaz iz minimuma u maksimum. To se vidi na sl. 4. Mjerni red »B« bio je postavljen sredinom širokog čela u pravcu njegovog napredovanja.

Skokovit prelaz iz minimuma u maksimum popuštanja čeličnih stupaca svjedoči o nekoj velikoj promjeni u dubokoj krovini. Po mišljenju autora ovog rada, to može biti samo iskaz periodičkog prolamanja privremenog svoda labilne ravnoteže naslaga duboke krovine iznad otkopanog prostora.

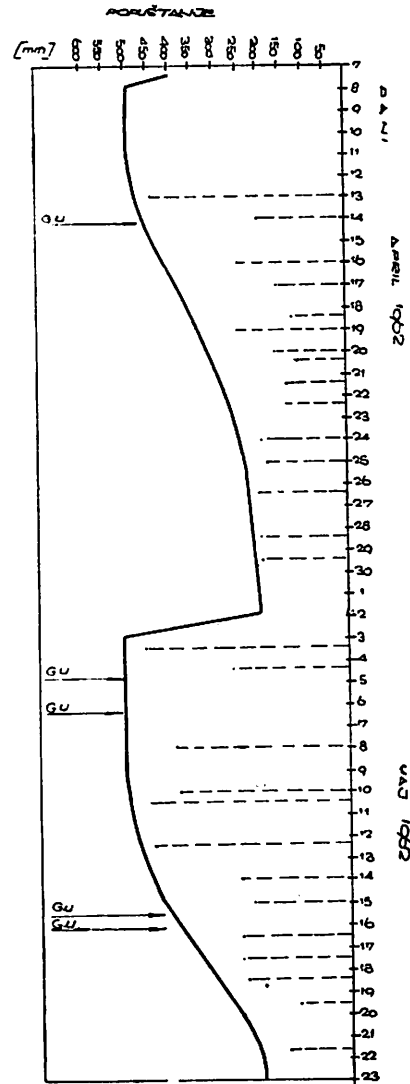
U periodima maksimalnog popuštanja čeličnih stupaca, po pravilu, i pojave gorskih udara dostizale su svoj maksimum. Višegodišnjim mjerenjima izveden je zaključak o uzajamnom djelovanju tri maksimuma u regularnom otkopnom polju. Maksimumi gorskih udara na širokom čelu povezani su sa maksimumima otkopnog pritiska i maksimumima popuštanja čeličnih stupaca.

U daljem radu treba ovu zakonitost iskoristiti za razradu praktične metode za kontrolu pokreta duboke krovine i ocjenu povećane opasnosti od gorskih udara, kombinirajući je sa drugim metodama.

## Promjene ispred širokog čela

Mjerni podaci o konvergenciji krovine i podine, u prilaznim hodnicima širokog čela, ukazuju na postojanje oblasti elastičnih kolebanja prije pojave, za vrijeme i poslije pojave gorskih udara. Ta oblast nalazi se 100 do 200 m ispod širokog čela. U oblasti 20 do 100 m ispred širokog čela dominiraju

elastično-plastične deformacije, a unutar zone ispred otkopne fronte nastupaju velike pseudoplastične deformacije, kao odraz promjena unutar samog ugljenog stuba.

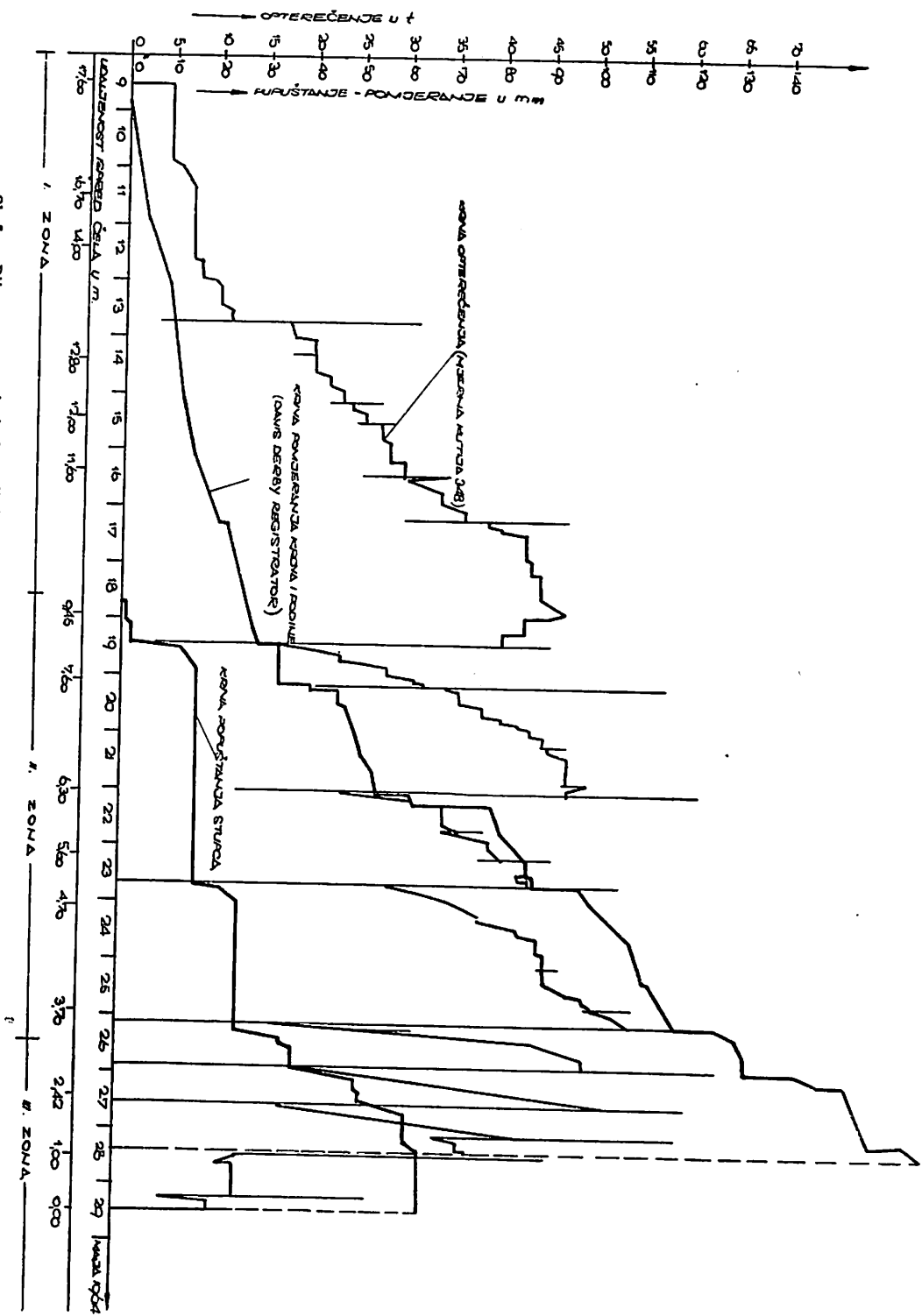


Sl. 4 — Dijagram popuštanja čeličnih stupaca na širokom čelu, red »B«

Legenda: — — — popuštanje čeličnih stupaca  
strelica — gorski udari  
kriva — idealizirana kriva pokreta duboke krovine iznad širokog čela

Fig. 4 — The diagram of the steel props yielding at the longwall, the line B

Legend — — — the steel props yielding  
the arrow — the mine bumps  
the curve — the idealized curve of deep overburden moving over the longwall.



Sl. 5 — Dijagram opterećenja i vertikalnog pomjeranja krovine i podline na mjernoj stanici br. 4 A u zraku hodniku širokog čela.

Fig. 5 — The diagram of the load and vertically overburden and floor moving at the measuring station No. 4 A, situated in the longwall ventilation entry.

Ova najbliža oblast širokom čelu istovremeno je i najviše opterećena otkopnim pritiskom. U zavisnosti od veličine i brzine opterećenja i deformacije, u ovoj se oblasti mogu razlikovati 3 zone (kao što pokazuje dijagram na slici 5, dobijen u zračnom hodniku širokog čela):

- zona blage, kontinuirane konvergenca i kontinuirane promjene opterećenja. Ona se nalazi između 20 i 10 m ispred širokog čela;
- zona nagle, skokovite konvergenca i jake skokovite promjene opterećenja. Ona se nalazi između 10 i 3 m ispred širokog čela. To je glavna, oslonička zona krovni naslaga gdje se nalazi i maksimalna koncentracija napona u ugljenom sloju;
- zona maksimalne i kontinuirane konvergenca sa smanjivanjem opterećenja do nule. Ona se nalazi između 3 i 0 m ispred širokog čela.

Dužinsko prostiranje navedenih oblasti i zona u praksi se stalno mjenja, ali njihova suštinska podjela ostaje.

Odras gorskih udara na instrumentima najjače se očituje u zoni maksimalnog osloničkog pritiska i tu se mogu najlakše proučavati promjene u ugljenom stubu, vezane za pojavu gorskih udara.

Međutim, opasnost od gorskih udara proteže se na čitavo područje ispred širokog čela dokle god dopiru elastična kolebanja krovni i podni naslaga.

#### **Promjene iza širokog čela**

Kao što se vidi iz dijagrama na sl. 6 u starom radu širokog čela mogu se razlikovati tri zone:

- zona rušenja krovni naslaga, koja se proteže do 20 m iza radnog prostora širokog čela. To je najnemirnija zona i promjene u njoj neposredno izazivaju pojavu gorskih udara;
- zona nalijeganja viših krovni naslaga na ruševinu, koja se proteže od 20 m do 40 m iza širokog čela u dubinu starog rada. Ova je zona karakteristična po naglom naraštanju jamskog pritiska u starom radu;

— zona zgušnjavanja ruševine, koja se nalazi iza 40 m od širokog čela u dubini starog rada. Ona se karakteriše blagim i kontinuiranim porastom već visokog pritiska u ruševini.

Rastojanje od čela ugljenog stuba do početka svog nalijeganja u starom radu naslage visoke krovine moraju da premoste i tom prilikom se stvara privremeni svod labilne ravnoteže tih naslaga. Zajedno sa konsolnim opterećenjima visećih naslaga ovaj svod izaziva dopunski pritisak na ugljeni stub.

Pronalaženje tehničkih rješenja za smanjenje ove zone premoštenja širokog čela i konsolnih opterećenja, jedan je od puteva za bitno smanjenje opasnosti od gorskih udara.

Inače u izvoznom hodniku pokraj starog rada, iza širokih čela, nisu registrovane pojave gorskih udara, jer se on nalazi u području gdje je jamski masiv izmjenio svoje fizičko-mehaničke osobine.

#### **Promjene na širokom čelu**

Na slici 7 prikazan je jedan od dijagrama opterećenja i popuštanja mjernog stupca na širokom čelu, dobijen pomoću automatske mjerne kutije tipa Wöhlbier. Mjerni stupac se nalazi pri dnu širokog čela, udaljen 10 m od izvoznog hodnika.

Kao jedna od najvažnijih činjenica — utvrđena kod tog i čitavog niza drugih mjerenja na raznim mjestima širokog čela — je pojava nagle promjene opterećenja u vidu titraja i valova. Ovakve promjene opterećenja bitno utiču na pripremu ugljenog sloja ispred širokog čela za pojavu gorskog udara, kao i za samo indiciranje gorskog udara, kada su već pripremljeni uslovi za njegovu pojavu.

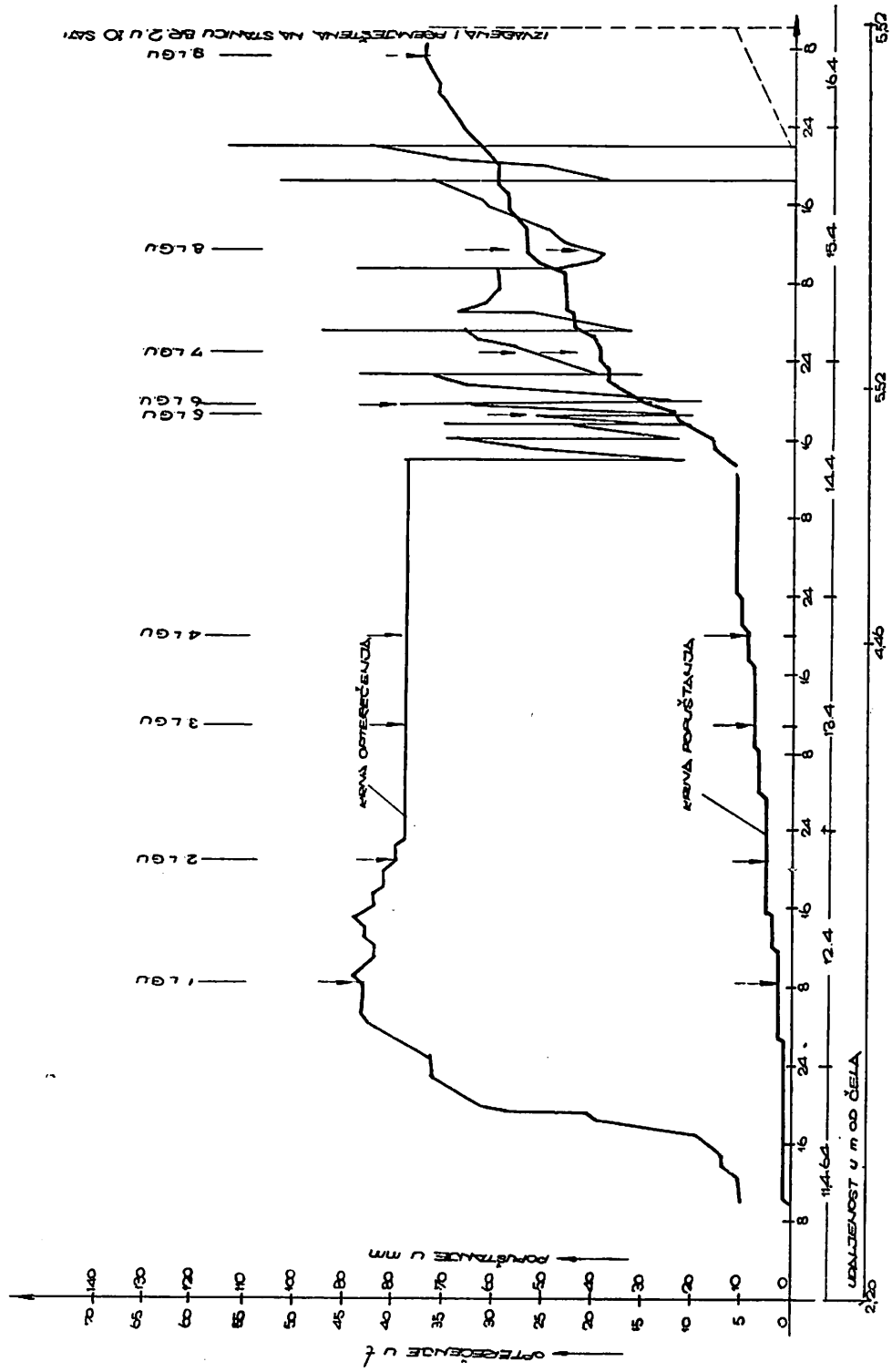
Titraji opterećenja, na navedenom dijagramu, počeli su na određenoj udaljenosti od otkopne fronte i trajali su do skidanja mjernog stupca.

Utvrđena je direktna zavisnost između proizvodnog procesa u širem smislu riječi i titrajnog opterećenja u jamskom masivu oko širokog čela. Za vrijeme dužeg prekida proizvodnog procesa prekidala su se i titrajna opterećenja.

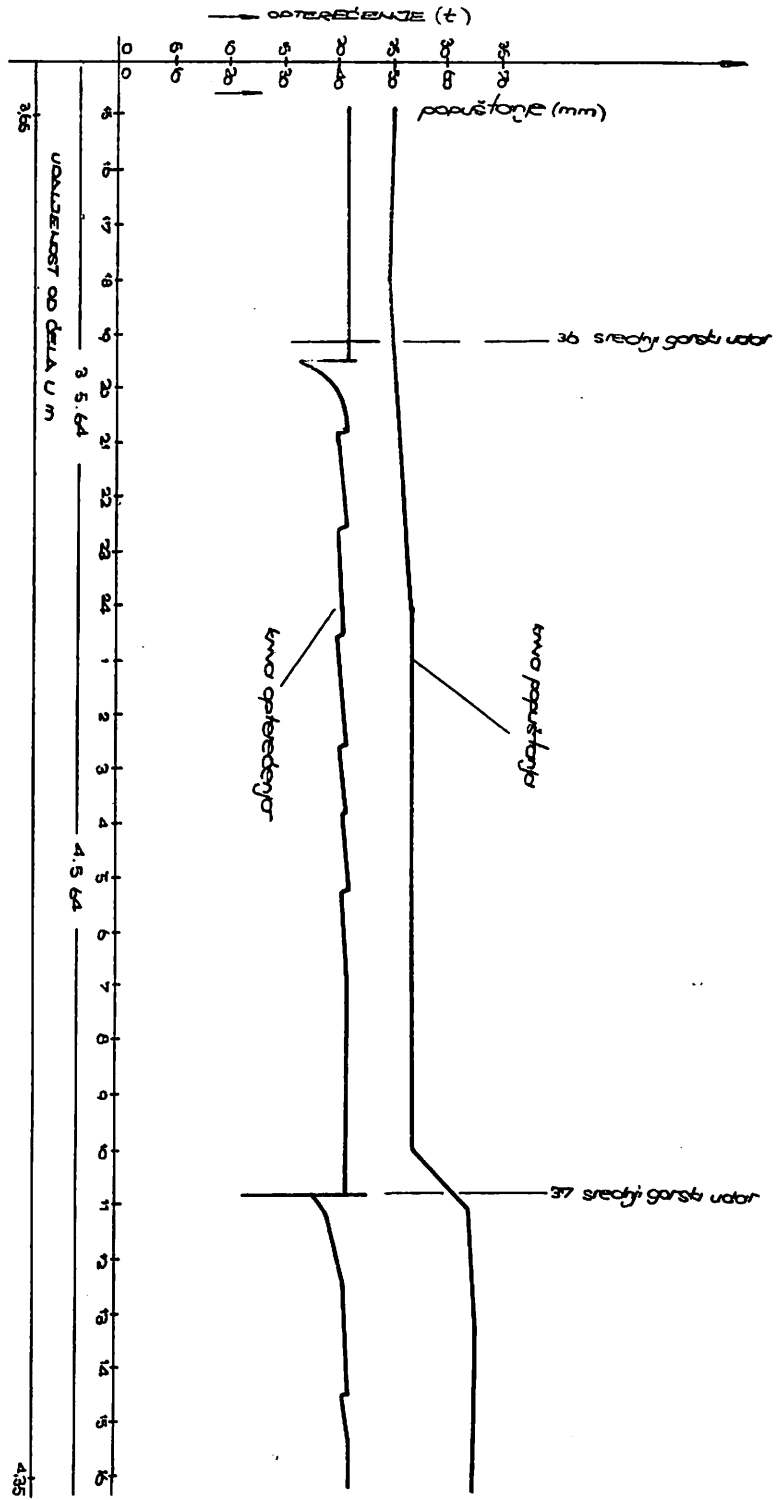
Titraji opterećenja bili su direktno povezani i sa zarušavanjem krovine, odnosno sa promjenama u dubljoj krovini.







Sl. 7 — Dijagram opterećenja i popuštanja mjernog stupca na stanici br. 1 (mjerna kutija 347 i mjerni stupac br 1).  
 Fig. 7 — The diagram of load and yielding on measuring prop at the station No. 1 (hydraulic load cell 347 and measuring prop No. 1).



Sl. 8 — Dijagram opterećenja i popuštanja mjernog stupca 4 — DOWTY hidraulični dinamometar (odsjek od 3. V — 15 h do 4. V — 16 h).  
 Fig. 8 — The diagram of load and yielding on measuring prop No. 4 — DOWTY hydraulic dynamometer (the section from 3. V. — 15 h to 4. V. — 16 h).

Ovakvi titraji opterećenja uhvaćeni su i Dowty hidrauličnim dinamometrom, tako da otpada sumnja u pogledu eventualnog uticaja mehaničkog stupca na trenje — iako taj uticaj do izvjesne mjere postoji.

Trenutna promjena opterećenja prati i sam gorski udar. To se može uočiti i na dijagramu na sl. 8 dobijenim Dowty dinamometrom, koji je registrovao tridesetšesti i tridesetsedmi gorski udar na širokom čelu. Oba gorska udara bila su srednjeg intenziteta.

Tridesetšesti gorski udar desio se poslije dva dana mirovanja širokog čela (majski praznici), a 16 časova prije njegove pojave instrumenti nisu pokazivali nikakvu promjenu ni u opterećenju ni u pomjeranju naslaga. Za vrijeme gorskog udara instrumenti su registrovali trenutno preopterećenje i trenutno rasterećenje, ali bez popuštanja mjernog stupca.

Tridesetsedmi gorski udar nastupio je 10 minuta poslije miniranja uglja na širokom čelu, a instrumenti su registrovali još i prethodno pomjeranje naslaga.

I kod niza drugih gorskih udara utvrđena je trenutna promjena opterećenja, te se ona može uzeti kao sastavni, bitan element u pojavi gorskih udara. (Pod pojmom »trenutna promjena opterećenja« podrazumjeva se takav vremenski period, koji primjenjeni instrumenti nisu mogli dalje raščlanjivati.)

Trenutna promjena opterećenja u stvari je inicijator gorskog udara. A ona se stvara:

- lagumanjem,
- zemljotresom,
- naglim promjenama u veličini i pravcu otkopnog pritiska.

Kombinacijom tri glavna faktora: sposobnošću naslaga da akumuliraju ogromne količine potencijalne energije, velikom koncentracijom napona oko jamskih prostorija i trenutnom promjenom opterećenja — dolazi do pojava gorskog udara.

Tehnička rješenja za likvidaciju ili smanjivanje opasnosti od gorskih udara treba tražiti u poništenju ili smanjivanju vrijednosti sva ta tri faktora.

## O mehanizmu gorskog udara na širokom čelu

Najupadljiviju činjenicu kod razornog gorskog udara od 25. novembra 1964. godine na širokom čelu u rudniku Zenica, predstavlja strahovito dejstvo horizontalne komponente sile gorskog udara. Ona je prouzrokovala glavna rušenja, kao i masovan poremećaj čelične podgrade i drvenih pomičnih kula prema starom radu. To se vidi na sl. 9. Primjenjeni sistem podgrade pokazao se kao nedovoljno stabilan i otporan na takva horizontalna udarna opterećenja.

Mehanički sistem sila neposredno prije izbijanja gorskog udara, prema shvatanju autora, prikazan je na slici 9b.

Oslobođena potencijalna energija ugljenog sloja trenutno se preobrazila u kinetičku energiju izbacivanja krovskog pojasa uglja, koji je sa sobom povukao i gurnuo prema starom radu stijene neposredne krovine. Slika 9c šematski prikazuje dinamiku pokreta stijena neposredne krovine za vrijeme dejstva gorskog udara.

Za izloženu dinamiku pokreta stijena neposredne krovine, koja dovodi do njenog rušenja, neophodno je da se ispune slijedeći uslovi:

- da je trenje između uglja i neposredne krovine ( $P_u - s_1$ ) veće od trenja između naslaga neposredne i glavne krovine ( $P_{s1} - S_2$ ) to jest:

$$P_u - s_1 > P_{s1} - S_2$$

- da se stvori slijedeća nejednakost sila:

da je horizontalna reakcija u glavnoj krovini ( $H_3$ ) veća od horizontalne komponente gorskog udara ( $G_1$ ) u neposrednoj krovini;

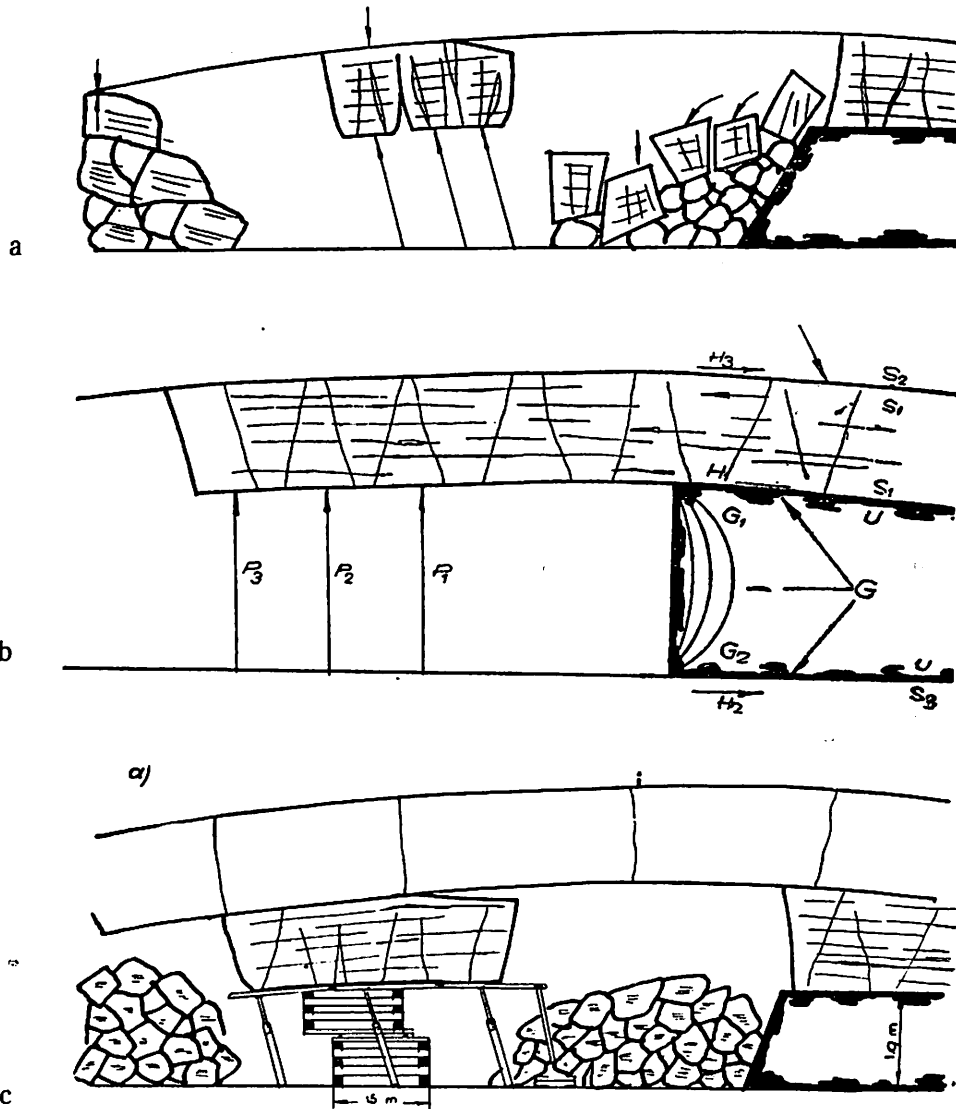
da je horizontalna reakcija u neposrednoj podini ( $H_2$ ) veća od horizontalne komponente sile gorskog udara pri podini sloja ( $G_2$ );

da je horizontalna komponenta sile gorskog udara pri krovini sloja ( $G_1$ ) veća od horizontalne reakcije ( $H_1$ ) u neposrednoj krovini, tj:

$$\begin{array}{lcl} H_3 & > & G_1 \\ H_2 & > & G_2 \\ G_1 & > & H_1 \end{array}$$

Ovo je pojednostavljeni mehanički sistem sila, ali nam je on dovoljan da iz njegovih uslova i nejednačina sagledamo puteve borbe da se spriječi razorno djelovanje horizontalne komponente gorskog udara ( $G_1$ ).  
A to su:

- smanjenje sile ( $G$ ) koja, u stvari, predstavlja koncentraciju mehaničkog pritiska na ugljeni stub u blizini otkopne fronte;
- povećanje horizontalne reakcije ( $H_1$ ) koja zavisi od nosivosti i stabilnosti siste-



Sl. 9 — Razorno djelovanje horizontalne komponentne sile gorskog udara od 25. novembra 1964. na širokom čelu.

- a) klizanje podgrade prema starom radu i nastalo rušenje
- b) mehanički sistem sila gorskog udara trenje:  $P_u = S_1 > P_{S_1} - S_2$  sile —  $H_3 > G_1$ ;  $H_3 > G_2$ ;  $G_1 > H_1$
- c) dinamika pokreta neposredne krovine za vrijeme dejstva gorskog udara.

Fig. 9 — The destructive action of the mine bumps horizontal force component on November 25th 1964, at the longwall.

- a) the roof support sliding toward the goaf, and the consecutive caving in
- b) the mechanical system of mine bump forces friction:  $P_u = S_1 > P_{S_1} - S_2$  forces —  $H_3 > G_1$ ;  $H_3 > G_2$ ;  $G_1 > H_1$
- c) the dynamics of adjacent overburden moving during the mine bump action.

ma podgrade, zatim od čvrstoće naslaga neposredne krovine i njihovog naslona na ruševinu u starom radu;

- smanjenje uklještenja uglja na širokom čelu, koje se vrši slijeganjem duboke krovine i uzdizanjem podine u radnom prostoru širokog čela.

Ovaj posljednji uslov upozorava na eventualni uticaj promjene pravca napredovanja širokog čela, kod promjenljive moćnosti sloja za pojavu gorskih udara. Kod svih ostalih istih faktora, ako se napreduje sa širokim čelom od manje moćnosti ugljenog sloja ka većoj, prema iskustvu u rudniku Zenica, pojačaće se intenzitet gorskih udara.

Dovoljna nejednakost sila u mehaničkom sistemu: ugljeni sloj + krovina + podina na širokom čelu — nužna za pojavu gorskog udara — stvara se trenutnim promjenama u tom sistemu. Te promjene izazvane su različitim faktorima, od kojih je opet najvažniji: krupnija promjena veličine i pravca otkopnog pritiska.

#### Način borbe protiv gorskih udara

U protekloj deceniji postignut je vidan napredak u rudniku Zenica na istraživanju uzroka gorskih udara, kao i na pronalaženju tehničkih rješenja da se poveća bezbjednost rada u ugroženim područjima. Ovome napretku doprinijeli su sa svoje strane i uspjesi svjetske rudarske nauke i tehnike u borbi protiv gorskih udara. Najveći rezultat odnosi se na bezbjednost rada kod izvođenja pripremnih radova.

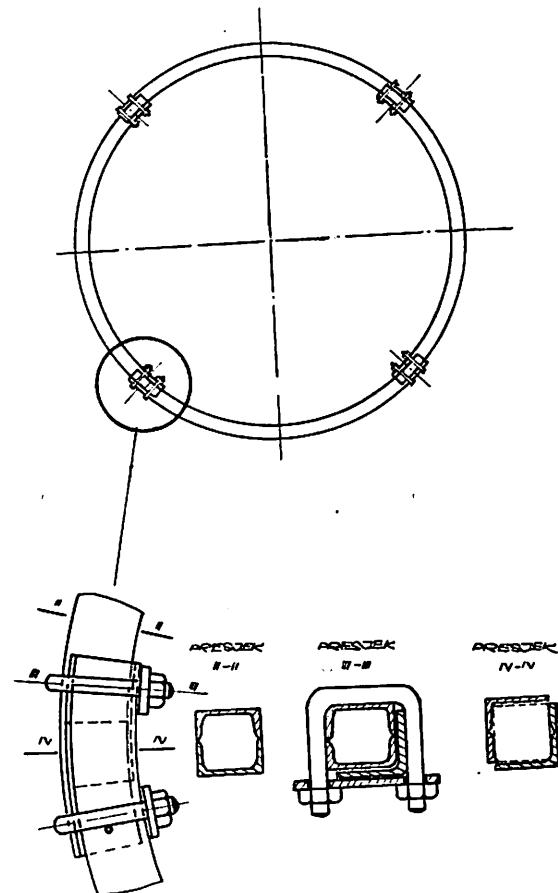
Sve do 1962. godine gorski udari u pripremnim radovima bili su najteži problem. Tu su djelovali najčešće i najrazornije.

Uvođenjem čeličnih kružnih popustljivih lukova specijalne konstrukcije, koji su se pokazali dovoljno otporni protiv razornog dejstva gorskih udara, problem sigurnosti rada u pripremnim radovima povlatnog sloja bio riješen. Na slici 10 dat je nacrt jednog takvog čeličnog luka.

Drugi važan rezultat u borbi protiv gorskih udara jeste usavršavanje metoda otkopavanja u cjelini. Njen posljednji vid sa sadašnjim modifikacijama dat je na slici 11. Po toj metodi široko čelo napreduje »nastupno« po pružanju sloja, bez ikakvih pripremnih radova u ugljenom stubu ispred širokog čela. Izvozni i zračni hodnik idu uz liniju sta-

rog rada, bez ostavljanja bilo kakvih zaštitnih stubova. Oba hodnika se podgrađuju navedenim čeličnim lukovima.

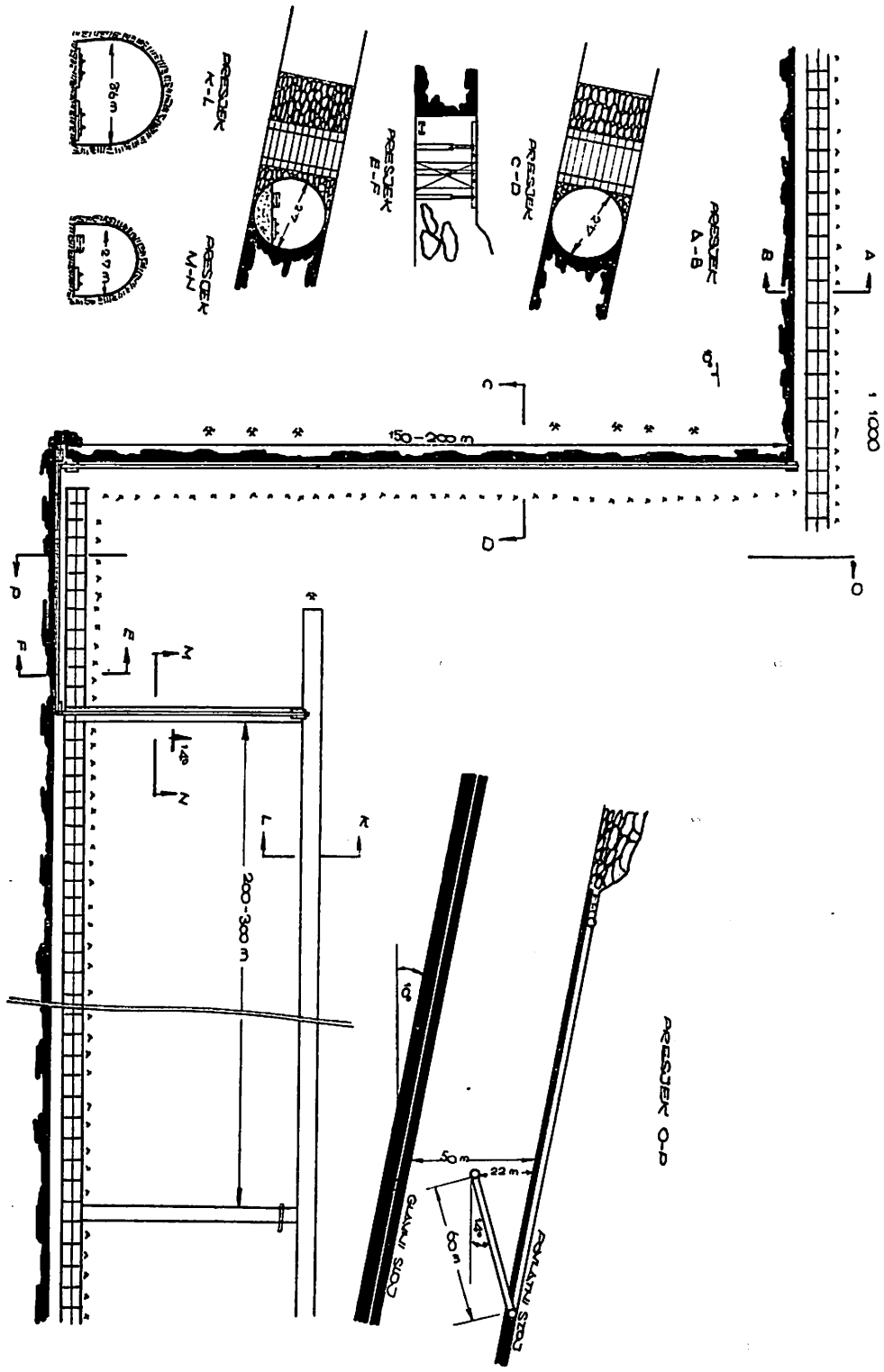
Na taj način bitno su smanjeni uzroci i opasnosti od gorskih udara u otkopnom reviru. Problem je još jedino ostao na samom širokom čelu, u njegovom radnom prostoru. I ovdje se sprovodi niz mjera za povećanje bezbjednosti rada.



Sl. 10 — Četvorodjelni kružni popustljivi čelični luk otpora prema gorskim udarima.

Fig. 10 — Four- parts yielding steel prop, resisting the mine bumps.

U sistemu podgrađivanja na širokom čelu čeličnim stupcima na trenje, čeličnim gredama za slobodni otkopni front, dvostrukim redom čeličnih stupaca uz liniju rušenja, privremenim stupcima na potplat uz čelo uglja i pomičnim hrastovim kulama, postignuta je maksimalna gustina i nosivost podgrade, koju omogućava njena klasična izvedba.



Sl. 11 — Okopna metoda za poviatni sloj stare jame — pojavljna za područja gorskih udara.  
 Fig. 11 — The top seam mining method in Stara Jama, suitable for the mine bumps regions.

Sada se vrše probe sa mehanizovanim kopanjem uglja pomoću struga (Pulthobel) njemačke firme Westfalia — Lünen, čiji je presjek dat na slici 12. Strug ima najmanji zahvat u kopanju uglja, u odnosu na druge vidove kompleksne mehanizacije, što treba da doprinese postepenijem rasterećivanju napona u ugljenom stubu i njegovoj ravnomjernijoj raspodjeli duž otkopne fronte.

Uvođenjem struga »Pulthobel« bitno se povećala sigurnost rada na širokom čelu. Ostali su još neki važni problemi neriješeni. Ugalj pri krovini je jako žilav i to stvara teškoće u radu struga, jer se traži povremeno miniranje, iako u malom obimu. Zatim, gorski udari se i dalje javljaju, osobito u gornjoj trećini širokog čela, do zračnog hodnika, izazivajući prolome neposredne krovine ispred čeličnih greda.

U radu sa strugom primjenjuje se šahovski poredak čelične podgrade sa korakom od 0,6 m po pružanju sloja. Pomične hrastove kule su zadržane i u ovom sistemu.

Za smanjivanje intenziteta i učestalosti gorskih udara preduzete su probe olabavljenja ugljenog sloja. Primjenjena su dva postupka:

— pomoću miniranja duž otkopne fronte, sa bušotinama dubine 2—3 m i prečnika  $\phi$  42 mm;

— pomoću dugačkih bušotina do 30 m prečnika  $\phi$  100 mm, bušenih iz gornjeg zračnog hodnika dijagonalno kroz ugljeni sloj prema otkopnoj fronti, sa dodatnim ubrizgavanjem vode u njih.

Nijedan od ova dva postupka nije mogao uspješno do kraja da se izvede, jer normalne bušaće garniture nisu mogle da buše kroz zonu maksimalne koncentracije napona.

U posljednje vrijeme počele su probe sa izradom rebara od suhog zasipa u starom radu, zajedno sa napredovanjem širokog čela. Rebra su širine 4 m, a na međusobnom rastojanju od 20 m. Ova rebra treba da omogućuće postepenije savijanje duboke krovine i bolje održavanje neposredne krovine u radnom prostoru širokog čela.

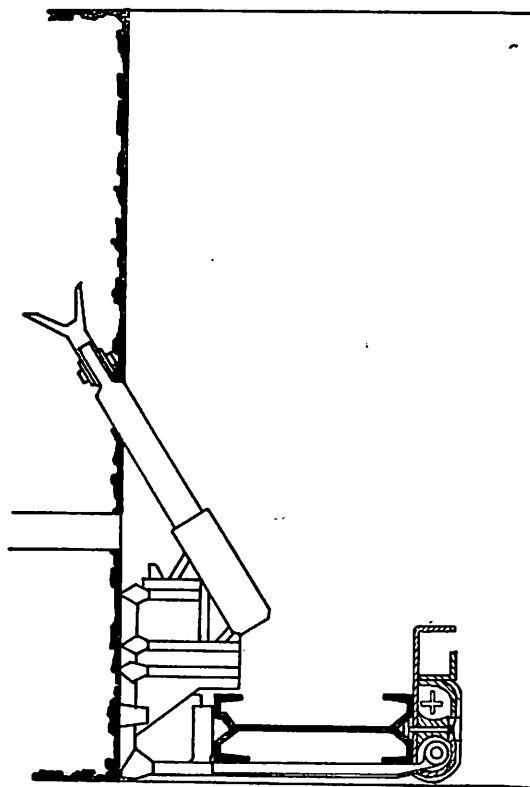
Ovom mjerom očekuje se smanjenje intenziteta i učestalosti gorskog udara, jer se smanjuju titrajna opterećenja na ugljeni stub, a maksimalna koncentracija pritiska prenosi se više u njegovu dubinu.

Ova metoda djelovaće i na smanjenje uklještenja ugljenog sloja između krovine i

podine u otkopnoj fronti, što će možda omogućiti i lakše kopanje uglja strugom »Pulthobel«.

U sistemu upravljanja krovinom sa rebri- ma možda će se moći i znatnije povećati brzina napredovanja širokog čela, a da se ne poveća opasnost od gorskih udara. Već sama primjena kompleksne mehanizacije traži veće brzine napredovanja otkopne fronte.

U daljim projektnim rješenjima predviđa se uvođenje samohodne hidraulične podgrade. Uslovi u zoni gorskih udara traže da ta podgrada ima nosivost pojedinačnih hidrauličnih stupaca u slogu od 40 tona svaki i



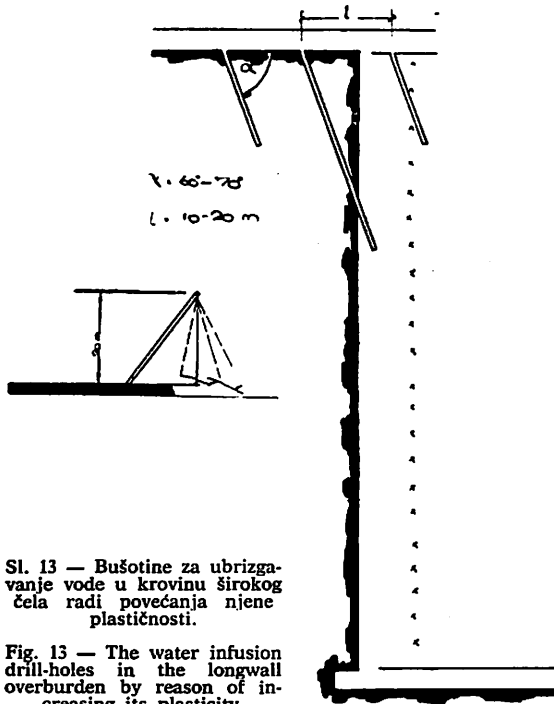
Sl. 12 — Mehanizovano kopanje uglja na širokom čelu pomoću struga »Pulthobel«.

Fig. 12 — Mechanized coal mining at the longwall, using coal-plough.

da je dovoljno stabilna kod iznenadnih horizontalnih pokreta neposredne krovine, izazvanih gorskih udarom.

Čvrsta i ravna neposredna krovina, zatim čvrsta i ravna neposredna podina, čine povoljne uslove za primjenu samohodne hidraulične podgrade na širokom čelu u povlat-

nom sloju. Ovom podgradom može se pravovremeno i ravnomjerno da podgrađuje otkopni prostor, a da radnici ne budu na ugroženim mjestima. Osnovna teškoća za njenu primjenu može da se pojavi ako gorski udari i dalje budu izazivali prolome uz čelo ugljenog stuba, a ispred podgrade.



Sl. 13 — Bušotine za ubrizgavanje vode u krovinu širokog čela radi povećanja njene plastičnosti.

Fig. 13 — The water infusion drill-holes in the longwall overburden by reason of increasing its plasticity.

Opasnost od proloma neposredne krovine sigurno će se u velikoj mjeri smanjiti kod brzeg napredovanja otkopne fronte, pojačane i ravnomjernije raspoređene nosivosti podgrade, uz istovremenu primjenu rebara od suhog zasipa.

Kao poslednje projektno rješenje, koje treba da omogući sigurnije napredovanje otkopne fronte i bez ugrađivanja rebara od suhog zasipa, kod primjene kompleksne mehanizacije na širokom čelu, jeste novi metod lakšeg zarušavanja krovine u starom radu pomoću ubrizgavanja vode u krovne naslage iznad širokog čela. Ovaj metod prikazan je na slici 13. Ubrizgavanje vode pod pritiskom u jamski masiv na granicu svoda labilne ravnoteže naslaga, treba da se vrši kroz sistem bušotina sa gornjeg zračnog hodnika.

Na taj način ubrzaje se međusobno klizanje blokova i ploča, kao i brže rušenje čitavog statički neodređenog, mehaničkog sistema, koji se između perioda zarušavanja nalazi u privremenoj ravnoteži i u stalnom povećanju napetosti uslijed napredovanja širokog čela.

Najzad, vrše se pripreme da se isproba i metoda otkopavanja zaštitnog sloja. Iako se ova metoda u inostranoj praksi pokazala kao najefikasnija, njena je primjena za povlatni sloj u rudniku Zenica do sada bila teško izvodljiva. Naime, povlatni sloj se mora da otkopa prvi, kao zaštitni sloj niželežućem glavnom sloju, čija je moćnost 9 m. I u glavnom sloju se dešavaju pojave gorskih udara, ukoliko prethodno nije otkopán povlatni sloj. Između povlatnog i glavnog sloja nalazi se oko 50 m debelih, elastičnih krečnjačko-laporastih naslaga.

Ovako izvođeni i zacrtani razvoj, u primjeni različitih oblika borbe protiv gorskih udara a za unapređenje proizvodnje i sigurnosti rada, daće nova iskustva, koja će omogućiti da se izaberu najsigurnija i najracionalnija tehnička rješenja za otkopavanje uglja u slojevima sklonim ka pojavi gorskih udara.

#### SUMMARY

#### The Investigation Results of Causes and Mechanics of Coal Mine Bumps and the Prevention Measures Undertaken at Stara Jama in Zenica Mine

Dr M. Osmanagić, min. eng.\*)

The author explicates the results of observing and studying the coal mine bumps appearance in the brown coal mine Zenica during many years.

In the period from 1962 to 1964 there were registered in the top coal seam 390 coal mine bumps of diverse intensity and for that reason the Zenica Mine became one of the most dangerous mines with regard to the appearance of coal mine bumps.

At the same time the considerable results were achieved in discovering the causes of coal mine bumps and in applying a series of the prevention measures in order to diminish their danger.

\* Dr ing. Muris Osmangić, generalni direktor Srednjobosanskih rudnika mrkog uglja, Zenica.



# Kritičko poređenje određivanja hidrauličkog pada pri strujanju dvofazne mešavine

(sa 5 slika)

Dipl. inž. Anton M. Kocbek

## Uvod

Za poslednjih deset godina je hidraulički transport prešao dugačak razvojni put u svom nastojanju da obezbedi sebi ravnopravnost među postojećim transportnim sistemima. Naročitu primenu našao je u rudarstvu, a posebno još u transportu uglja, mada je inače raznolikost materijala koji se prevozi veoma velika.

Hidraulički transport može imati vrlo različite oblike, počevši od transporta u otvorenim žlebovima, preko gravitacijskog transporta zasipnog materijala, izvoza kroz vertikalna ili kosa okna u cevima, pa sve do linijskog transporta na dugačka odstojanja. Takođe se jako razlikuju osobine materijala koji se transportuje. Materijal može imati različite specifične težine, krupnoću zrna kao i druge osobine.

Kod ovako široke primenjivosti moglo bi se očekivati da je tehnologija takvog transportnog sistema dobro poznata. Moglo bi se pretpostaviti da je inženjer projektant naružan jedinstvenom i potpunom teorijom o zbivanjima u cevi za vreme transporta materijala. Nasuprot tome, određivanje protočnih parametara je još uvek skopčano s mnogim poteškoćama i mnogim pojavama koje nisu do kraja osvetljene.

Takvo stanje je utoliko više začuđujuće, što su već dugo vremena poznate formule

kojima se određuje energetski bilans za strujanje njutonskih tečnosti. Kod njutonskih tečnosti parametri protoka zavise od viskoznosti tečnosti i osobina cevi. Viskoznost se lako određuje, jer je ona funkcija temperature za svaku tečnost. Međutim, kod nje njutonskih tečnosti je postupak već komplikovaniji, jer smicanje u tečnosti nije više proporcionalno naponu smicanja. Za svako protočno stanje mora se pojedinačno odrediti prividna viskoznost u laboratoriji.

Obračun protočnih parametara za dvofaznu, ili čak za višefaznu mešavinu, od kojih jednu fazu sačinjavaju zrna čvrstog tela, uopšte nije više zasnovan na naučno potpuno tačnim formulama, već samo na formulama koje su rezultat eksperimentisanja. Unutrašnje trenje u tečnosti ostaje samo jedan faktor koji određuje otpore i energetski bilans protoka. Drugi faktor, koji se ovde pojavljuje i čije značenje nije ništa manje važno, jeste trenje tečnosti o čvrsta zrna i o zidove cevi. Pojam viskoznosti je zbog toga zamenjen konsistencijom mešavine. U primeru kad čvrstu komponentu sastavljaju zrna većih dimenzija, uopšte nije moguće odrediti konsistenciju posebnim aparatima, meraćima konsistencije, u laboratoriji.

Na osnovu opita koje su radili mnogi istraživači, kada je broj merenja u opitima bio često veći od hiljade, pa je poneki put dostigao i 10.000 opažanja, izvedene su isku-

stvene formule, dijagrami i nomogrami. U tehničkoj literaturi može se naći da je za rešavanje pojedinih problema strujanja dvofazne mešavine objavljeno čak više a ne samo jedna formula. Mnoge objavljene formule imaju jako usko područje za koje se mogu upotrebiti, npr. samo za ugalj ili samo za zrna određene krupnoće i sl. Dalje se u opitima pokazalo da se kod strujanja dvofazne mešavine pojavljuju neke anomalije za koje ne postoji još dobro teoretsko obrazloženje, a još teže se mogu računskim putem precizno kontrolisati.

Kako se često za isti primer, koji se obrađuje, dobijaju različiti rezultati primenjenjem formula različitih autora, cilj je ovog članka da se prikažu pojedini načini određivanja jednog od hidrauličkih parametara, naime hidrauličkog pada. Dalje je cilj ovog članka da međusobno uporedi rezultate koji se dobijaju različitim načinima određivanja i da ukaže na to koje formule i zbog čega zaslužuju da im se pokloni veće poverenje.

Članak će se ograničiti samo na horizontalne cevovode i neće raspravljati o pojavama u vertikalnim cevima. Takođe neće biti uzeti u obzir cevovodi sa većim ili manjim, pozitivnim ili negativnim otklonom od horizontalnog pravca. U tom primeru morala bi se uzimati u obzir promena specifične težine mešavine i moglo bi se međusobno porediti znatno manji broj formula.

### Značenje koeficijenta otpora pri strujanju tečnosti

U cilju da se održi bilo koje kretanje u zemaljskim uslovima, potrebno je da se neprekidno savlađuju otpori, u prvom redu trenje. Ova zakonitost važi takođe za strujanje tečnosti kroz cev. Kod njutonske tečnosti otpor zavisi od dužine i prečnika cevi, od hrapavosti zida i materijala cevi, ravnornosti prečnika i protezanja cevi, te od specifične težine i viskoznosti tečnosti. Da bi se za početak problem pojednostavio, uzimaju se potpuno glatke, ravne i horizontalno položene cevi koje imaju po celoj dužini isti prečnik. Za dve tačke na različitim dužinama cevi može se onda primeniti proširena Bernoullijeva jednačina:

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h, \quad (I)$$

Zbog konstantnosti prečnika je  $v_1 = v_2$ , a zbog horizontalnosti cevi  $z_1 = z_2$ . Tako jednačina (I) dobija oblik

$$P_1 - P_2 = h_r \cdot \gamma = \Delta P \quad [\text{kp/m}^2] \quad (II)$$

Gubitak pritiska je direktno proporcionalan dužini cevi i obrnuto proporcionalan prečniku cevi, dok je napon smicanja tečnosti proporcionalan brzinskom stubu  $\frac{v^2}{2g}$  i koeficijentu trenja  $\lambda$ . Tako se dobija jednačina:

$$\Delta P = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \gamma \quad [\text{kp/m}^2] \quad (III)$$

ili

$$h_r = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad [\text{m}] \quad (III-1)$$

Jednačina III važi samo za okrugle cevi.

Prošireni oblik Darcyjevog obrasca može se primeniti i na druge preseke:

$$h_r = \lambda \frac{L}{4R} \frac{v^2}{2g} \quad [\text{m}] \quad (IV)$$

Simbol  $R$  označava hidraulički radijus protočnog preseka i definiše se kao količnik preseka  $S$  i okvašenog obima  $O$ , dakle kao:

$$R = \frac{S}{O} \quad (\text{m}) \quad (V)$$

Za okrugle cevi, kada tečnost potpuno ispunjava presek, dobija se hidraulički radijus:

$$R = \frac{D^2 \pi}{4 D \pi} = \frac{D}{4} \quad (V-1)$$

Ako se stavi rezultat iz formule V-1 u formulu IV, onda se dobija formula III-1.

U jednačini III su poznati svi promenljivi i nepromenljivi faktori, izuzev koeficijenta otpora  $\lambda$ . Do 1950. god. određivao se koeficijent otpora posebno za laminarno i posebno za turbulentno strujanje i to:

— za laminarno strujanje, za vrednost Reynoldsovog broja do 2000 ili čak 3000, prema Hagen — Poiseuill-u kao

$$\lambda = \frac{164}{NR} \quad (VI)$$

a za turbulentno strujanje prema Blasius-u za vrednosti  $N_R > 3000$  kao

$$\lambda = 0,3164 N_R^{-0,25} \quad (\text{VII})$$

Reynoldsov broj može se za tečnosti odrediti formulom

$$N_R = \frac{v \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{v D}{\nu} \quad (\text{VIII})$$

a vrednost dinamičkog ili kinematičkog viskoziteta nalazi se u tehničkim tablicama ili se može odrediti viskozimetrom.

Međutim, novija istraživanja su pokazala da je kod velikih vrednosti Reynoldsovog broja, tj. kada  $N_R$  prelazi  $10^5$ , potrebno uzeti u obzir i onu hrapavost zida cevi za koju se do nedavna smatralo da je potpuno glatka. Pošto kod turbulentnog strujanja, prema teoriji Prandtl-a o graničnom sloju, struji tanak sloj tečnosti pored zida cevi laminarno, to čestice tečnosti na samom dodiru za cevi imaju brzinu ravnu nuli. Takav sloj ima isti efekat kao da je cev potpuno glatka. Moćnost laminarno strujećeg sloja opada porastom Reynoldsovog broja. Približne vrednosti graničnog sloja tečnosti pri strujanju kroz cev prečnika 0,2 m jesu:

— za  $N_R = 10^5$  moćnost graničnog sloja iznosi oko 0,5 mm

— za  $N_R = 5 \cdot 10^5$  moćnost graničnog sloja iznosi oko 0,14 mm

— za  $N_R = 10^6$  moćnost graničnog sloja iznosi oko 0,08 mm.

Približna formula za moćnost laminarnog graničnog sloja ( $\epsilon'$ ) glasi:

$$\epsilon' \approx \frac{1}{\sqrt{N_R}} \quad (\text{IX})$$

a tačnije može se odrediti integralom

$$\epsilon' = \int_0^{\infty} (v/v_0) (1 - v/v_0) dy \quad (\text{X})$$

gde  $v_0$  označava brzinu na granici neporemećenog strujanja.

Istraživanjima je takođe jasnije razgraničen prelaz između laminarnog i turbulentnog strujanja. Tako se danas određuje koeficijent otpora pri strujanju tečnosti do kritične vrednosti  $N_{Rk} = 2320$  po formuli VI, a

za područje  $2320 < N_R < 10^5$  po formuli VII. Za vrednosti  $N_R > 10^5$  obično se preporučuje Prandtl-Karmanov obrazac:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg(N_R \sqrt{\lambda}) - 0,8 \quad (\text{XI})$$

Kako je izračunavanje  $\lambda$  prema formuli XI znatno otežano, to postoji niz praktičnijih, ali ne tako tačnih obrazaca. Takvi obrasci su npr:

Nikuradzeov obrazac za

$$10^5 < N_R < 10^6$$

$$\lambda = 3,2 \cdot 10^{-3} + \frac{0,221}{N_R^{0,237}} \quad (\text{XII})$$

Hermannov obrazac za

$$N_R < 5 \cdot 10^5$$

$$\lambda = 0,0054 + \frac{0,396}{N_R^{0,3}} \quad (\text{XIII})$$

Stanton — Pannelov obrazac

$$\lambda = 7,14 \cdot 10^{-3} + \frac{0,6104}{N_R^{0,35}} \quad (\text{XIV})$$

Colebrookov obrazac

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,8 \lg \frac{N_R}{7} \quad (\text{XV})$$

Ostali obrasci koji se takođe upotrebljavaju su: Kuterov, Bazenov, Gorbačevljev, Darcyjev, Manningov, Forchheimerov, Pavlovskog, Hazen-Williamsov, Skobejev i dr.

Pregled rezultata za vrednost  $\lambda$ , dobijenih pojedinim formulama, dat je u tablici 1.

Tablica 1 pokazuje da kod nižih vrednosti Reynoldsovog broja, tj. za  $N_R < 10^5$ , sve navedene formule daju niže iznose od onih koji se dobiju Blasiusovom formulom koja se za ovaj raspon smatra najtačnijom. U rasponu Reynoldsovog broja od  $10^5$  do  $10^7$  pokazuje se sledeće, ako se uzme da je Prandtl-Karmanov obrazac onaj koji izražava najtačniju vrednost:

— Nikuradzeova formula daje malo niže vrednosti. Za  $N_R = 10^5$  razlika iznosi — 2%, za  $N_R = 10^6$  razlika je samo — 1%, dok je

za  $10^7$  potpuno tačna i sigurno primenljiva za još veće vrednosti  $N_R$ .

— *Formula Blasiusa* je kod  $N_R = 10^5$  prilično skladna sa Prandtl-Karmanovim rezultatom, jer je razlika samo — 1%, ali se ova negativna razlika jako povećava porastom Reynoldsovog broja. Kod  $N_R = 10^7$

razlika je već — 30%. Znači, da su granice njene primenljivosti dobro određene.

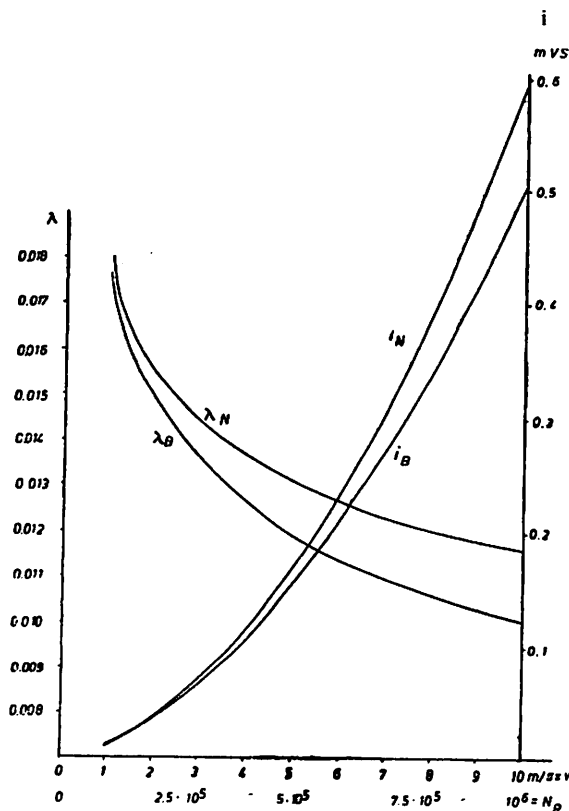
— *Hermannova formula* daje odlične rezultate u rasponu  $10^4 < N_R = 10^6$ ; ali kod povećanja Reynoldsovog broja rezultati su manje tačni. Kod  $N_R = 10^7$  razlika iznosi + 6%. Ipak je potrebno da se prošire granice njene primenljivosti i to do  $N_R < 2 \cdot 10^6$ .

— *Stantonov obrazac* je primenljiv samo do  $5 \cdot 10^5$  vrednosti Reynoldsovog broja, ma da mu u literaturi nisu postavljene granice. Iznad  $N_R = 5 \cdot 10^5$  ova formula daje suviše visoke vrednosti.

— *Colebrookova formula* je primenljiva unutar celog posmatranog raspona, tj. od  $N_R = 10^4$  do  $N_R = 10^7$ . Najveća razlika unutar raspona iznosi + 1%.

Pošto voda predstavlja skoro isključivo transportnu tečnost hidrauličkog transporta, to je važno da se zna tačno odrediti hidraulički pad za vodu. Da bi bile uočljivije razlike koje mogu zbog toga nastati date su slike 1 i 2.

U njima su upoređeni rezultati Nikuradze sa Blasiusovim. Razlog ovom upoređenju je taj, što još danas mnogi primenjuju Blasiusovu formulu (VII) kao isključivu formulu za obračune hidrauličkog protoka za sve vrednosti Reynoldsovog broja u području turbulentnog strujanja. U slikama je prikazan koeficijent otpora i to:  $\lambda_B$  je izračunat po formuli VII, a  $\lambda_N$  po formuli Nikuradze XII, čiji se rezultati u ovom području poklapaju sa Prandtlovim (XI). Vrednost koeficijenta otpora umetnuta je u formulu III-1 i izračunat hidraulički pad prema Blasiusu kao  $i_B$ , te prema Nikuradzeu kao  $i_N$ .



Sl. 1 — Upoređenje otpora prema Blasiusu i Nikuradzeu dijagram za „ $\lambda$ “ i „ $i$ “ ( $D = 0,1$  m,  $v = 0,01$ )

Fig. 1 — Comparison of friction factor and hydraulic gradient according to Blasius and Nikuradze — plotted „ $\lambda$ “ and „ $i$ “ vs. „ $N_R$ “ — ( $D = 0,1$  m,  $v = 0,01$ ).

### Vrednost $\lambda$

Tablica 1

Autor obrasca	za $N_R$				
	$10^4$	$10^5$	$5 \cdot 10^5$	$10^6$	$10^7$
Prandtl	0,0309	0,0180	0,0132	0,0117	0,00804
Nikuradze	0,02811	0,01764	0,01306	0,01156	0,00805
Blasius	0,03164	0,01779	0,01190	0,01000	0,00563
Herman	0,03038	0,01792	0,01313	0,01168	0,00855
Stanton	0,03144	0,01800	0,01332	0,01200	0,00931
Colebrook	0,03101	0,01788	0,01310	0,01161	0,00815

Hidrauličkim padom naziva se bezdimenzijski koeficijent  $i$  koji se dobija ako se obe strane jednačine IV podele dužinom:

$$i = \frac{h_r}{L} \quad (\text{XV})$$

$$i = \frac{\lambda \cdot v^2}{4R \cdot 2g} \quad (\text{XVI})$$

$$i = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (\text{XVI-1})$$

Mada je hidraulički pad bezdimenzijski, ipak se može uzeti kao da ima dimenziju m/m. On označava koliki stub tečnosti je u metrima potreban da savlada trenje u 1 m cevi.

Ukoliko primenjena tečnost nije voda i ako se specifična težina tečnosti razlikuje od vode, onda je formulom III-1 dobijeni rezultat izražen u visinskom stubu upotrebljene tečnosti. Ako želimo da rezultat izrazimo u visinskom stubu vode, potrebno je da se u formuli uzme u obzir odnos specifične težine tečnosti i vode.

Formula III-1 tada dobija oblik:

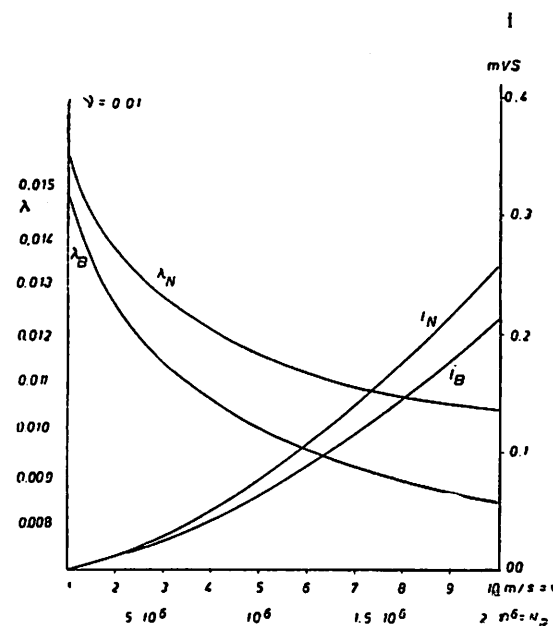
$$h_r = \lambda \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g} \cdot \frac{\gamma_f}{\gamma_w} \quad (\text{III/2})$$

Iz sl. 1 i 2 vidi se značenje koeficijenta otpora i hidrauličkog pada.

Porastom brzine koeficijent otpora opada, ali hidraulički pad raste. Opadanje koeficijenta otpora je znatno sporije nego što je porast hidrauličkog pada. Između smanjivanja prvog i porasta drugog postoji određen odnos. Za interpretaciju ovog odnosa

poslužiće podaci dobijeni prema formuli Nikuradze-a iz slike 1 i 2 prikazani u tablicama 2—4.

Tablica 2 izrađena je na osnovu protoka jednakih količina kroz cev različitog prečnika.



Sl. 2 — Upoređenje otpora prema Blasiusu i Nikuradzeu dijagram za „ $\lambda$ “ i „ $i$ “ ( $D = 0,2$  m)

Fig. 2 — Comparison of friction factor and hydraulic gradient according to Blasius and Nikuradze — plotted „ $\lambda$ “ and „ $i$ “ vs. „ $N_R$ “ — ( $D = 0,2$  m,  $\nu = 0,01$ ).

Tablica 2 pokazuje da je količnik hidrauličkih padova u dve cevi različitog prečnika u području turbulentnog strujanja konstantan, ako kroz obe cevi protiče jednaka količina iste tečnosti. Količnik hidrauličkih padova ima vrednost koja je približno jednaka

Tablica 2

D m	v m/s	Q m <sup>3</sup> /s	$N_R$	$\lambda$	i	$i_{0,1}/i_{0,2}$ *)
0,1	4	0,0314	400.000	0,0136	0,107	28
0,2	1		200.000	0,0154	0,004	
0,1	8	0,0628	800.000	0,0120	0,392	28
0,2	2		400.000	0,0136	0,0139	

\*) Indeks kod „i“ odnosi se na prečnik cevi.

petom stepenu obrnutog količnika prečnika cevi.

Tablice 3 i 4 pokazuju da količnik koeficijenta otpora ostaje isti za cevi različitog prečnika ako se u njima porede strujanja sa istim brzinama.

Iz tih tablica može se takođe očitati još jedno pravilo. U tablici 3 se nalazi količnik koeficijenta otpora hidrauličkog pada u odnosu 1:100, a u tablici 4 u odnosu 1:16. U tablicama 3 i 4 brzine su u odnosu 1:10 u prvom primeru, dok su u drugom u odnosu 1:4. Drugi odnos predstavlja kvadratni koren prvog. Matematička formulacija ovog pravila dobija oblik

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \quad (\text{XVII})$$

ili prostije:

$$\frac{i_1 \lambda_2}{i_2 \lambda_1} = \frac{v_1^2}{v_2^2} \quad (\text{XVII-1})$$

Formula XVII dobija naročitu primenu, kad treba obračunati više brzina u određenim razmacima, npr. sa povećanjem od 50% za isti prečnik. U tom primeru umesto  $\frac{v_2}{v_1}$  može se staviti faktor »k« odnosno njegov kvadrat.

Do sada prikazani obrasci primenjuju se za hidraulički glatke cevi. Za hrapave zidove treba prvo odrediti hrapavost ili glatkost i tek onda se može odrediti trenje u njima. Nikuradze je u svojim opitima sa cevima, u

kojima su bila nalepljena zrna peska, dokazao da postoji za svaki određeni odnos između hrapavosti i prečnika Reynoldsov broj iznad kojeg otpor više ne zavisi od Reynoldsovog broja već samo od hrapavosti. Za takva područja potpuno hrapavih cevi važi formula

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \left( \frac{D}{\epsilon} \right) + 1,138 \quad (\text{XVIII})$$

a granica je određena krivom

$$\lambda = \left( \frac{200}{N_R} \cdot \frac{D}{\epsilon} \right)^2 \quad (\text{XIX})$$

Colebrook je odredio formulu za prelaznu oblast između glatkih i hrapavih zidova cevi kao:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 2 \lg \left( \frac{N_R \sqrt{\lambda}}{2,51} + 3,71 \frac{D}{\epsilon} \right) \quad (\text{XIX-1})$$

Iz navedenih istraživanja pojedinih autora i poređenja rezultata koji se dobiju njihovim formulama, vidi se da postoje određene poteškoće prilikom određivanja koeficijenta otpora ili hidrauličkog pada čak za strujanja tečnosti. Određivanje ovih parametara postaje još teže, ako struji dvofazna mešavina tečnog i gasovitog tela, a naročito pri strujanju čvrstih tela u tečnostima.

#### Hidraulički pad pri strujanju čvrstih tela u tečnosti

Pregled do sada primenjivanih načina hidrauličkog transporta pokazuje da je u praksi transportni fluid uvek voda. Mada

Tablica 3

D m	v m/s	N <sub>R</sub>	λ	i	Količnik*)	
					λ <sub>10</sub> /λ <sub>1</sub>	i <sub>10</sub> /i <sub>1</sub>
0,1	1	100.000	0,01764	0,00904	0,66	66
	10	1000.000	0,01156	0,590		
0,2	1	200.000	0,01544	0,00388	0,66	66
	10	2000.000	0,0103	0,2575		
0,3	1	300.000	0,01433	0,00243	0,67	67
	10	3000.000	0,009646	0,1638		

\*) Indeksi kod »λ« i »i« odnose se na primenjenu brzinu.

teoretske postavke važe za bilo koju tečnost, ipak iz praktičnih razloga teško se uzima neka druga tečnost. Tečna komponenta mešavine predstavlja jednostavan elemenat u obračunima hidrauličkih parametara, jer je jedina promenljiva u datoj tečnosti temperatura. Od temperature zavisi viskoznost, a od nje ostale hidrauličke osobine tečnosti.

Sasvim je, pak, drukčije sa osobinama čvrste komponente. Zrna čvrste komponente mogu se međusobno razlikovati u sledećim osobinama koje imaju uticaj na proces hidrauličkog transporta:

- krupnoća zrna,
- oblik zrna,
- sastav prema krupnoći pojedinih zrna,
- specifična težina i
- reološke osobine.

Iz članaka u tehničkoj literaturi se vidi da se navedene osobine u pojedinim primerima jako razlikuju. Krupnoća zrna može se kretati u rasponu od nekoliko mikrona pa do 100 mm kod vertikalnog transporta uglja. Sastav prema krupnoći može biti takav da obuhvata sve dimenzije zrna u rudi ili samo pojedine frakcije dobijene sejanjem. Oblik zrna zavisi od osobina drobljivosti i načina drobljenja.

Razlike u specifičnoj težini transportnog materijala mogu biti velike i jako uticajne. Gilsonit, koji se transportuje u SAD u preko 100 km dugačkom cevovodu, ima specifičnu težinu oko 1000 kp/m<sup>3</sup>, dok s druge strane bakarni koncentratu imaju preko 4.000 kp/m<sup>3</sup>.

Pored navedenih osobina, kod hidrauličkog transporta postoji i velika razlika u brzini kretanja mešavine kroz cevi. Najniža po-

znata brzina primenjena je kod transporta sitnih otpadaka uranove rude — oko 0,75 m/s, dok se najviše brzine nalaze kod hidrauličkog gravitacijskog transporta — zasipavanja. Kod ovog poslednjeg mogu se naći brzine i do 12 m/s.

Poznato je da su transportne brzine ograničene. S jedne strane, transportna brzina ne može biti beskonačno mala, jer takva brzina ne omogućuje transport čvrste komponente. Ona mora biti veća od kritične brzine, koja je opet funkcija brzine taloženja. S druge strane, granica nije tako oštra. Sviše velike transportne brzine su nemoguće zbog jakog porasta trenja u cevima, što znači porasta habanja i potrošnje energije potrebne za transport.

Povećanjem brzine habanje cevi raste skoro proporcionalno povećanju otpora. Iz tablice 3 vidi se da kod vode, pri desetostrukom povećanju brzine, poraste hidraulički pad oko 66 puta. Ovako brzi porast habanja i energije zahteva da mešavina struji kroz cev što nižom brzinom, po mogućnosti jedva nešto višom od kritične brzine.

U zavisnosti od brzine strujanja, prečnika cevi i srednjeg prečnika zrna, od specifične težine transportovanog materijala i transportnog fluida, u cevi se formira određeni režim strujanja mešavine. Ovaj pojam obeležava na koji način se kreću zrna kroz cevovod, naime da li su nošena tako da čine ravnomerni raspored gustine mešavine preko celog preseka, ili ako nisu ravnomerno raspoređena, onda kakav je raspored gustine i kakva je brzina kretanja pojedinih zrna. Važnost režima strujanja uočili su prvi Durand i Newitt, pojedinačno, i odredili režime strujanja i utvrdili da hidraulički pad zavisi takođe od režima strujanja.

Tablica 4

D m	v m/s	N <sub>R</sub>	λ	i	Količnik *)	
					λ <sub>8</sub> /λ <sub>2</sub>	i <sub>8</sub> /i <sub>2</sub>
0,1	2	200.000	0,01544	0,0315	0,78	12,4
	8	800.000	0,0120	0,3915		
0,2	2	400.000	0,01359	0,01386	0,78	12,4
	8	1600.000	0,0107	0,1715		

\*) Indeksi kod „λ“ i „i“ odnose se na primenjenu brzinu.

Danas se, opšte uzevši, prihvata sledeći raspored režima strujanja:

Tok sa postojanim talogom formira se onda kad zbog niske transportne brzine turbulentno dizanje (Magnusov efekat) ne može više da savlađuje brzine taloženja najvećih zrna, niti ih može kotrljati po dnu cevi. Posledica toga je taloženje zrna na dnu. Takav tok je nestabilan, jer se radi smanjenog preseka cevi na mestu taloženja povećava brzina, koja može pokrenuti talog, a to formira drugi režim strujanja. U obrnutom slučaju, pak, ako ni povećana brzina ne može pokrenuti talog, taloženje će se nastaviti i prekinuti strujanje u cevi.

Tok sa klizećim talogom formira se kada se na dnu cevi nalaze nataložena krupnija zrna koja se kotrljaju ili kada tok pomera čitav nataloženi sloj određenom brzinom, koja je dosta niža od srednje brzine strujanja. Takav tok je takođe jako nestabilan i lako se prekida, odnosno dovodi do začepljenja cevovoda. Neravna površina klizećeg taloga jako povećava trenje između taloga i dela mešavine koji protiče brže. Povećano je i trenje zbog klizanja zrna po dnu cevi.

Tok sa poskakivanjem zrna formira se pri većim brzinama, kao i onda kad je težina pojedinog zrna velika. Struja ne može da nosi veća zrna i zato ona padaju na dno. Tako se stvara veći pritisak na zrno, jer je tada razlika u brzinama znatno povećana. Veći pritisak podigne zrno zbog Magnusovog efekta i povećava mu brzinu, a to ga ponovo obara na dno. Velika zrna se kreću u skokovima, poskakujući napred. Naravno, ukoliko su u mešavini i manja zrna, ona su nošena ravnomerno i kreću se bez poskakivanja. Najmanje zrno, koje se može kretati napred poskakivanjem, imalo je, prema Newittu, prečnik oko 25 mikrona. Tok sa poskakivanjem može se smatrati kao postojan i samo znatno smanjenje brzine može ga pretvoriti u već navedene oblike.

Tok kao heterogena suspenzija formira se kada je krupnoća zrna dovoljno mala, da zrna mogu lebdeti u transportnom fluidu, ili je, pak, brzina strujanja tako velika, da zrna ne mogu padati na dno cevi. Ipak, koncentracija mešavine nije podjednaka po celom preseku cevi, već se poste-

peno povećava prema dnu, gde su zrna veća i gušća. Tok je postojan.

Tok kao homogena suspenzija moguć je samo onda, kada su čestice veoma malog prečnika, a brzina kretanja znatna. Koncentracija suspenzije je podjednaka po celom preseku cevi i nema znakova taloženja. Takav tok je jako postojan i približava se kretanju tečnosti sa istom specifičnom težinom.

Dijagram režima strujanja, sa brzinom toka na apscisi i krupnoćom čestica na ordinati važi samo za određenu specifičnu težinu i određen prečnik cevi. Takav dijagram važi, takođe, za svaki drugi materijal iste specifične težine, ali samo onda, ako je prosečan oblik zrnaca takođe jednak. Na sl. 3 je prikazan dijagram režima strujanja prema Newitt-u i to za pesak sa  $\gamma = 2,65 \text{ Mp/m}^3$  u cevi 6 cola (0,153 m) i vodom kao transportnim medijem.

Na dijagramu datom na sl. 4 prikazane su krive prelaznih brzina između pojedinih režima strujanja. Dijagram je uzet po Michalzik-u. Za čvrstu fazu data je samo oznaka »zasipni materijal«, što daje verovatnu specifičnu težinu od 2,2 do 2,6  $\text{Mp/m}^3$ , a prečnik cevi uopšte nije dat, jer Michalzik smatra da nema većeg uticaja.

Ako se, s obzirom na približno iste specifične težine i pod pretpostavkom manjeg uticaja prečnika cevi, uporede oba dijagrama, onda se dobiju znatne razlike. Pošto je Newittov dijagram sastavljen na osnovu velikog broja opita, to bi mu se moglo pokloniti veće poverenje. Interesantno je da razlike nastupaju u oba pravca — negde je Newittov kriterij stroži, a negde Michalzikov. Naročita razlika se pokazuje ako se posmatra zrno od 0,3 mm. Kod Michalzik-a takvo zrno sa porastom brzine prolazi kroz sve režime strujanja, dok kod Newitt-a do brzine oko 0,3 m/s struji u toku s postojanim talogom, a onda pređe direktno u heterogenu suspenziju. Kod brzine oko 1 m/s struji već kao homogena suspenzija. Prema Newitt-u, mogu poskakivati samo zrna prečnika iznad 1 mm. Kod Michalzik-a se zrno od 0,3 mm naročito dugo zadržava u toku sa pomičnim talogom, i to od brzine 0,3 m/s do 1,15 m/s.



### Određivanje hidrauličkog pada

Mnogi autori su dali obrasce kako treba računski odrediti hidraulički pad za strujanje dvofazne mešavine čvrstih tela u tečnosti. Rezultati iz obrazaca pojedinih autora međusobno su razlikuju. Da li to znači da su takve formule pogrešne? Ipak se pomoću tih obrazaca u nekim primerima dobijaju prilično tačni rezultati koji odgovaraju praktičnim merenjima izvedenim u opitne ili praktične svrhe. Šta je onda uzrok?

Hidraulički pad zavisi od srazmerno velikog broja promenljivih faktora. Svi ovi faktori nemaju podjednaki uticaj, tako da se neki od njih u određenom primeru mogu bez posledica zanemariti. Do sada je utvrđeno da na hidraulički pad utiču sledeći faktori:

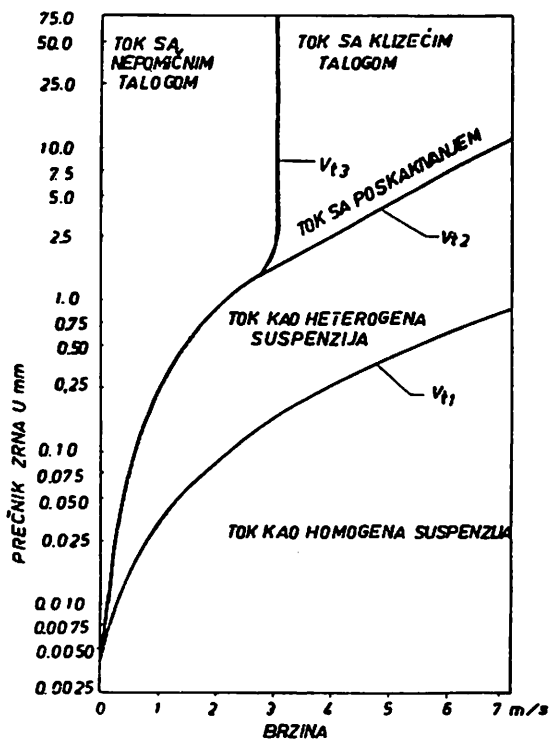
Prečnik cevi  $D$  — uticaj prečnika ima iznos skoro petog stepena odnosa prečnika. Kao prečnik cevi uzima se nazivni unutrašnji prečnik, bez obzira na dozvoljena odstupanja.

Brzina strujanja — uticaj brzine strujanja je sličan uticaju prečnika, jer brzina strujanja zavisi od njega kod određene količine. Pod ovom oznakom posmatra se srednja vrednost iz dijagrama raspodele preko preseka cevi, tako da odgovara odnosu

$$v = \frac{4 V_m}{D^2 \pi}$$

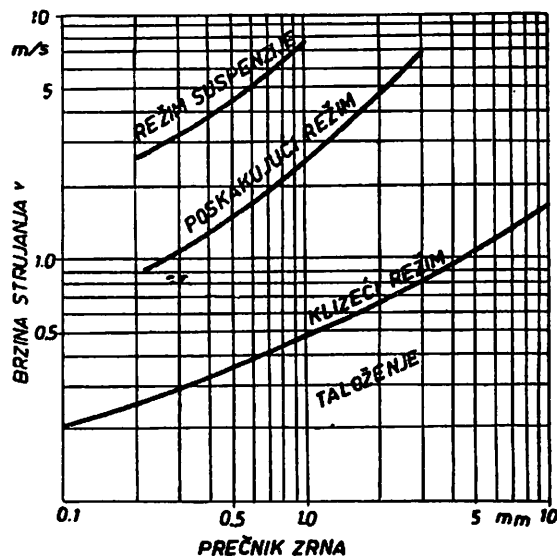
Hrapavost cevi — uticaj ovog faktora naglašen je već kod strujanja njuton-skih tečnosti. S obzirom da je broj Reynoldsa kod hidrauličkog transporta uvek jako velik, i samo izuzetno je niži od  $10^5$ , to je uticaj hrapavosti zidova srazmerno velik i ne sme se zanemariti.

Koncentracija čvrste komponente — hidraulički pad je donekle proporcionalan koncentraciji čvrste komponente, približno, dok zapreminska koncentracija ne dostigne vrednost oko 0,4. Odavde pa do kritične koncentracije hidraulički pad brzo se penje. Zapreminska koncentracija označava odnos zapremine čvrste faze prema zapremini mešavine, znači:  $C_v = \frac{V_s}{V_m}$ . Pod pojmom kritična koncentracija podrazumeva se zapreminska koncentracija sa minimalnom količinom tečne komponente. Količina teč-



Sl. 3 — Dijagram režima strujanja (po Newittu) za pesak  $\gamma = 2,6 \text{ Mp/m}^3$ ,  $D = 0,153 \text{ m}$

Fig. 3 — Classification of flow regimes (after Newitt) for sand with  $\gamma = 2,6 \text{ Mp/m}^3$  and  $D = 0,153 \text{ m}$ .



Sl. 4 — Zavisnost protočnog režima od brzine strujanja.

Fig. 4 — Interdependence of flow regimes to flow velocity (after Michalzik).

nosti je samo tolika da ispunjava prazan prostor između zrna i drži zrna odvojena jedno od drugog.

Brzina taloženja zrna ima presudan uticaj na hidraulički pad, jer je ona jedan od osnovnih faktora koji određuju režim strujanja. Ukoliko se posebno ne naglasi, onda se uvek posmatra brzina slobodnog taloženja. Retki su istraživači koji su nastojali da prikažu uticaj stešnjenog taloženja, kada je koncentracija viša. Međutim, brzina taloženja zavisi od više faktora i ona je funkcija:

*prečnika zrna* — koji se utvrđuje analizom sejanja. Posmatra se srednja vrednost efektivnog prečnika, tj. iz analize se sejanjem odredi srednje zrno i pomoću njega izračuna prečnik kugle, koja po zapremini odgovara srednjem zrnu;

*razlike specifične težine čvrste i tečne komponente* — uticaj ovog faktora je prilično proporcionalan. Najčešće se posmatra u obliku odnosa  $\frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}$ , jer se tako uzima u obzir Arhimedova sila. Ako, na primer, tečnu komponentu sačinjava voda, onda izraz dobija jednostavniji oblik ( $\delta$ , — 1) ili kako se obično označava ( $s - 1$ );

*oblika zrna* — utiče na taloženje i time, takođe, na hidraulički pad. Poneki put se oblik zrna uzima u obzir kao parametar specifične površine, ali češće u obliku koeficijenta taloženja  $C_D$ ;

*udela najsitnijih frakcija* — on ima znatan uticaj, jer najsitnije čestice čvrste komponente obrazuju »netaložni« deo mešavine, koji, u stvari, predstavlja tešku tečnost u kojoj plivaju krupnija zrna.

*Viskoznost tečnosti* je parametar koji zavisi od temperature. Pošto tečnost čini bar 50% zapremine, jasno je da je uticaj unutrašnjeg trenja tečnosti suštinski sastavni deo hidrauličkog pada mešavine.

*Nagib ugla cevovoda* utiče na hidraulički pad, jer se on znatno menja ako je cev horizontalna, kosa sa strujanjem na gore ili na dole i ako je cev uspravna. Uticaj na hidraulički pad je najmanji kod vertikalnih cevi sa strujanjem na gore, a najveći kod kosih cevi.

*Režim strujanja* je takođe uticajni faktor, kako je to utvrdio Newitt.

Odavno se nastojalo da se utvrde uzroci hidrauličkog pada pritiska. Pokazalo se da je uzrok trenje koje se može podeliti na sledeće komponente:

- trenje tečnosti na zidovima cevi,
- trenje u tečnosti — viskoznost,
- trenje tečnosti na zrnima čvrste faze i
- trenje čvrste faze na zidovima cevi.

Pokušaji, da se na osnovu podeljenih faktora izračuna ukupni hidraulički pad, nisu dali željene rezultate, izuzev kod vertikalnog izvoza, i što se na osnovu ovog razvila teorija o graničnom sloju.

Pošto je hidraulički transport u svojoj ranijoj fazi najduže primenjivan kao gravitacioni, kod zasipavanja jama, to se u ovoj oblasti prvo nastojalo da se odredi hidraulički pad. Najraniju formulu, koja se dugo upotrebljavala, dao je Schmid.

*Hidraulički pad po Schmidu*

$$\lambda_m = \left( a + \frac{0,0018}{\sqrt{v D}} \right) \delta_m \quad (XX)$$

Schmid preporučuje sledeće vrednosti za član a:

- a = 0,012 za vodu i cevi sa glatkim unutrašnjim zidovima,
- a = 0,020 za vodu kod cevi sa hrapavim unutrašnjim zidovima, i
- a = 0,030 za mešavinu.

Dobiveni rezultat za koeficijent otpora mešavine stavlja se u formulu III-1 umesto  $\lambda$  i dobija ukupni pad pritiska, ili formulom XVI hidraulički pad.

Mada se Schmidov način poneki put još danas upotrebljava vidi se da koeficijent otpora ne može biti tačan, jer ne uzima uopšte u obzir brzinu taloženja, krupnoću zrna sa analizom sejanja, nagib ugla cevovoda i režim strujanja.

Razliku u specifičnim težinama i koncentraciju uzima samo kao jedinstveni parametar specifične težine mešavine. Takav postupak svakako nije dovoljno tačan, jer različite kombinacije koncentracije i specifičnih težina čvrste i tečne faze mogu dati istu specifičnu težinu mešavine, a različite koefici-

jente otpora. Hrapavost cevi uvek ista kao i ostali član 0,030. Ovaj član ima toliku vrednost da se kod promene brzine vrednost koeficijenta otpora, posle neke postignute brzine više uopšte praktično ne menja, kako to pokazuje tablica 5. Kod promene brzine od 2m/s do 10 m/s koeficijent otpora se menja samo za 10%, dok se od 4 m/s do 10 m/s menja samo za 3%.

#### Hidraulički pad prema Budryku

Budryk upotrebljava pri izračunavanju koeficijenta otpora dve formule za koeficijent otpora za vodu koje stavlja u formulu za izračunavanje hidrauličkog pada.

Koeficijent otpora određuje kao:

$$\lambda = 0,0144 + 0,0095 \cdot v^{-0,5} \quad (XXI)$$

$$\lambda = 0,02 + 5 : (10^3 \cdot D) \quad (XXII)$$

Obično upotrebljava drugu formulu XXII koja daje za isti prečnik konstantnu vrednost. Hidraulički pad određuje po formuli:

$$i_m = \lambda \frac{v^2}{\alpha 2g D} + (\delta_s - \delta_f) (\sin \alpha + f \cos \alpha) \eta \quad (XXIII)$$

gde je:

$$\alpha = 1 - C_v$$

$$\eta = \frac{1 - \alpha}{\alpha} = \frac{C_v}{1 - C_v}$$

f = koeficijent sa vrednošću oko 0,2 za primer u sl 5.

Vrednost hidrauličkog pada prema Budryk-u je kod nižih brzina veća od vrednosti dobijene prema Schmid-u, ali je kod većih brzina nešto niža, kao što to pokazuje sl. 5.

Budrykova formula uzima u obzir praktično sve elemente koji utiču na hidraulički pad.

#### Hidraulički pad prema Adameku

Adamek u svom delu nije dao formule za izračunavanje hidrauličkog pada, već je na osnovu nekoliko hiljada merenja izradio tablice za različite granulacije, specifične težine, uglove nagiba i koncentracije. Na sl. 5 dati su rezultati prema tablici XIV iz knjige Adamek-a.

#### Hidraulički pad prema Coeuilletu

Coeuilletova formula glasi:

$$i_m = \frac{\lambda v^2}{2g D} (1 + \varphi C_v)$$

gde treba  $\lambda$  utvrditi opitima u postrojenju. Za prikaz dat na sl. 5 uzet je  $\lambda$  prema

Promena koeficijenta otpora i hidrauličkog pada prema Schmidu

Tablica 5

v m/s	D = 0,1 m; C <sub>v</sub> = 0,1; δ <sub>s</sub> = 2,8		D = 0,15 m; C <sub>v</sub> = 0,1; δ <sub>s</sub> = 2,8		D = 0,15 m; C <sub>v</sub> = 0,2; δ <sub>s</sub> = 2,8	
	λ <sub>m</sub>	i <sub>m</sub>	λ <sub>m</sub>	i <sub>m</sub>	λ <sub>m</sub>	i <sub>m</sub>
1	0,0422	0,0216	0,0407	0,0139	0,0468	0,0159
2	0,0402	0,0820	0,0339	0,0532	0,0452	0,0614
3	0,0393	0,181	0,0386	0,100	0,0445	0,115
4	0,0388	0,317	0,0382	0,207	0,0439	0,249
5	0,0385	0,490	0,0379	0,322	0,0436	0,371
6	0,0382	0,703	0,0377	0,462	0,0433	0,531
7	0,0380	0,950	0,0375	0,625	0,0431	0,718
8	0,0378	1,234	0,0373	0,815	0,0429	0,940
9	0,0377	1,558	0,0372	1,025	0,0428	1,181
10	0,0376	1,920	0,0371	1,262	0,0427	1,455

Prandtl-u.  $\varphi$  predstavlja funkciju od  $\omega$  koji iznosi

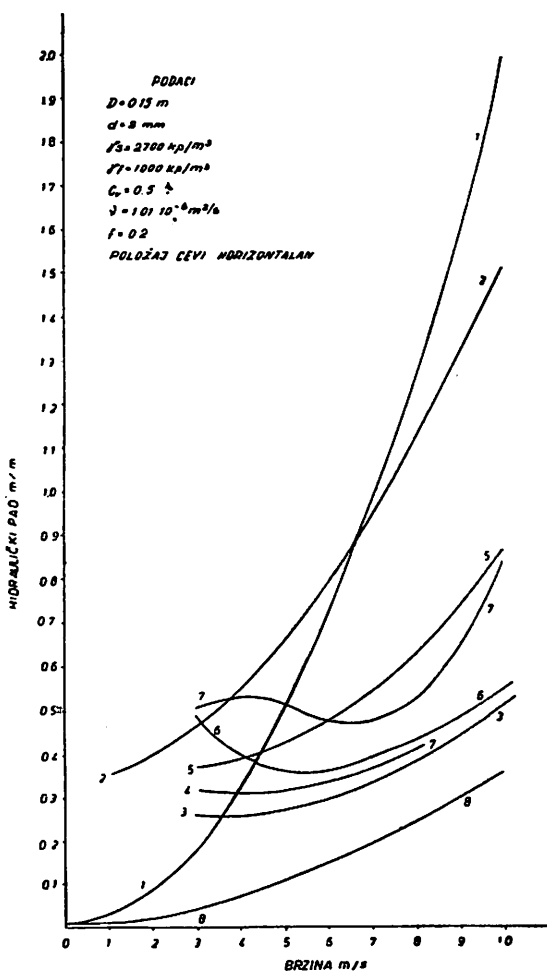
$$\omega = \frac{v}{\sqrt{gD \frac{\delta_s - \delta_f}{\delta_f}}} \quad (\text{XXIV})$$

Kada se tako utvrdi  $\omega$ , onda se nađe  $\varphi$  iz sl. 6. Na sl. 6 su date krive samo za  $d = 2$  mm i  $d = 0,4$  mm.

Prema formuli XXIV ne može se određivati hidraulički pad za brzine iznad 8 m/s, a takođe postaju sumnjivi rezultati ispod 3 m/s.

### Hidraulički pad prema Jufinu

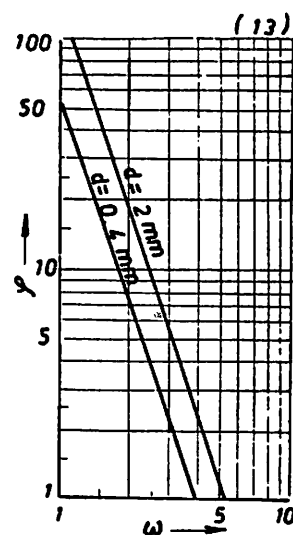
Jufin smatra da se hidraulički pad mešavine može takođe odrediti prema formuli XVI-1 s tim da se stavi umesto koeficijenta otpora za vodu koeficijent otpora za mešavinu  $\lambda_m$ . Opitima Nurok-a dokazalo se da se pri transportu peska već nakon 100 do 200 časova rada hrapavost smanjila na  $\varepsilon = 0,15$  mm i ostala dalje praktično nepromenjena. Pošto kod brzina, koje se primenjuju pri hidrauličkom transportu, hrapavost ima najveći uticaj na turbulentnost, a



Sl. 5 — Hidraulički pad u zavisnosti od brzine (prema različitim autorima)

1 — Schmid; 2 — Budryk; 3 — Adamek; 4 — Coeuillet; 5 — Jufin; 6 — Durand; 7 — Newitt; 8 — voda

Fig. 5 — Plot of hydraulic gradients vs. flow velocity (calculated according to various authors).



Sl. 6 — Grafikon funkcije  $\varphi = f(\omega)$   
Fig. 6 — Plot of function  $\varphi$  vs.  $\omega$

time na odpor cevi, to je Nurok predložio, da se primenjuje sledeća formula za određivanje koeficijenta otpora za vodu:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 1,74 + 2 \lg \left( \frac{D}{4\varepsilon} \right) \quad (\text{XXV})$$

Prema Jufin-u hidraulički pad se izračunava po formuli:

$$i_m = i_w \cdot \delta_m \cdot \beta \quad (\text{XXVI})$$

gde se  $\beta$  određuje:

$$\beta = 1 + (\beta_{kr} - 1) \cdot \zeta^{2,35} \quad (\text{XXVII})$$

a  $\zeta$  se određuje prema odnosu:

$$\zeta = \frac{c}{v} \quad (\text{XXVIII})$$

dok  $\beta_{kr}$  kao:

$$\beta_{kr} = 1 + (3,5 + 2D + 0,5\sqrt{d}) \left( \frac{\delta_m - \delta_w}{\delta_w} \right)^{0,8} \quad (\text{XXIX})$$

U formuli XXIX treba  $d$  označiti u (mm) a  $D$  u (m).

Prema formuli XXV dobija se za određenu cev konstantna vrednost  $\lambda$  koja je prilično visoka u poređenju s Prandtlovim vrednostima. Zbog toga su za određivanje krive 5, u sl. 5, uzete vrednosti hidrauličkog otpora prema Nikuradzeovom obrascu (XII).

#### Hidraulički pad prema Durandu i Condoliosu

Neki istraživači hidrauličkih zbivanja, kao npr. Trajnisi, su već ranije nastojali da odrede hidraulički pad mešavine kao:

$$i_m = i_f + i_s \quad (\text{XXX})$$

znači, da se hidraulički pad mešavine sastoji iz hidrauličkog pada tečnosti uz dodatak pada koji prouzrokuje čvrsta komponenta. Drugi autori (Velikanov, Ivanov i Palčevski) su odnos XXX promenili kao:

$$i_m = i_w \cdot \delta_m \cdot k$$

Vrednost faktora  $k$  je najčešće bila 1, izuzev kod Jufina (formula XXVI).

Durand je među prvima primetio da se dodatni pad pritiska isto tako može izraziti uzimanjem u obzir zapreminske koncentracije mešavine. Njegov izraz ima oblik

$$\frac{i_m - i_w}{C_v \cdot i_w} \text{ ili } \frac{1}{C_v} (i_m - 1)$$

Na osnovu ovako izraženog pada razradio je opštu jednačinu koja važi za:

- relativne specifične težine čvrste komponente od 1,4 do 4,6,
- prečnike zrna od 0,02 do 25 mm i
- prečnike cevi od 0,025 do 0,55 m.

Durandova jednačina za sve protočne režime glasi:

$$\frac{i_m - i_w}{C_v \cdot i_w} = 81 \left[ \frac{gD(s-1)}{v^2} \cdot \frac{1}{\sqrt{C_D}} \right]^{1,5} \quad (\text{XXXI})$$

gde je:

$$s - 1 = \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w}$$

jer je

$$\frac{\gamma_s}{\gamma_w} = \delta_s, \text{ a } \frac{\gamma_w}{\gamma_w} = 1$$

$C_D$  = koeficijent taloženja čija vrednost se dobija iz formule za brzinu taloženja

$$w = \sqrt{\frac{4gd(s-1)}{3C_D}} \quad (\text{XXXII}^*)$$

odakle se dobija:

$$C_D = \frac{4}{3w^2} gd(s-1) \quad (\text{XXXIII})$$

Vrednost hidrauličkog pada vode  $i_w$  određuje se prema tablicama uzimanjem u obzir koeficijenta Hazena i Williamsa za hrapavost unutrašnje površine cevi.

Na osnovu formule XXXI izračunati su hidraulički padovi sa istim osnovnim parametrima kao za ranije autore. Rezultati su uneti u sliku 5 kao kriva 6.

#### Hidraulički pad prema Newittu

Kao što je rečeno u opisu pojedinih režima strujanja, Newitt je sa svojim saradnicima određivao hidraulički pad u zavisnosti od režima strujanja mešavine. Opšte formule izveli su teoretski, uzimanjem u obzir gubitke energije za tečnost koja protiče i za čestice u tečnosti. Teoretski dobijene jednačine upoređivane su sa rezultatima opita.

Prema tome, za izračunavanje hidrauličkog pada prema Newitt-u potrebno je

\*) Jednačina XXXII je opšta Newton-ova formula za turbulentno padanje zrna koja daje približne rezultate. Za tačnije određivanje treba uzeti u obzir oblik zrna, efektivni prečnik i viskoznost fluida, kako su to utvrdili Schiller, Naumann i dr.

prethodno odrediti prelazne brzine ( $v_t$ ) između pojedinih režima strujanja za datu mešavinu. Mada se prelazne brzine prema Newtonovim formulama izračunavaju tačno, one ipak ne ukazuju na neku oštru granicu, već jedino nagoveštavaju gde treba očekivati prelaznu zonu između jednog i drugog režima strujanja. Ako bi se u tečnosti, koja struji konstantnom brzinom, nalazila brižljivo sortirana zrna, iste veličine i specifične težine, sa potpuno istim oblikom, a uz pretpostavku da je brzina taloženja tačno određena, tek onda bi se moglo očekivati da izračunata prelazna brzina predstavlja prilično oštru granicu.

Za prelazne brzine između pojedinih režima strujanja date su formule XXXIV, XXXV i XXXVI.

— Prelaz od strujanja homogene suspenzije ka strujanju heterogene suspenzije dešava se približno kod

$$v_{t1} = (1800 \cdot g \cdot D \cdot w)^{1/3} \quad (\text{XXXIV})$$

— Prelaz od strujanja heterogene suspenzije ka toku sa poskakivanjem zrna dešava se približno kod

$$v_{t2} = 17 w \quad (\text{XXXV})$$

— Prelaz od toka sa poskakivanjem zrna ka toku sa klizećim talogom dešava se približno kod

$$v_{t3} = F_L [2g \cdot D \cdot (s - 1)]^{1/2} \quad (\text{XXXVI})$$

Jednačina XXXVI predstavlja Durandovu jednačinu za određivanje kritične brzine. Faktor  $F_L$  uzima se iz tablice Duranda u zavisnosti od prečnika zrna i zapreminske koncentracije čvrste komponente u mešavini.

Za pojedine režime strujanja je Newton sastavio formule za određivanje hidrauličkog pada i to za isti obeleženi odnos kao Durand, naime za

$$\frac{i_m - i_w}{C_v \cdot i_w}$$

gde se vrednost hidrauličkog pada vode, kao kod Duranda, uzima iz tablica u priručnicima.

Jednačina odnosno kriva za tok kao homogena suspenzija ima oblik:

$$\frac{i_m - i_w}{C_v \cdot i_w} = (s - 1) \quad (\text{XXXVII})$$

Ako se formula XXXVII razvije, onda se dobija

$$i_m = i_w + i_w \cdot C_v (s - 1)$$

Znak  $(s - 1)$  stoji, kao što je rečeno kod formule XXXI umesto  $\frac{\gamma_s \cdot \gamma_w}{\gamma_w}$ . Znači da navedena formula, u stvari, izgleda ovako:

$$i_m = i_w + i_w C_v \left( \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - \frac{\gamma_w}{\gamma_w} \right)$$

Pošto je  $C_v$  oznaka za zapreminsku koncentraciju, ona se može izraziti kao:

$$C_v = \frac{V_s}{V_s + V_w}$$

i onda se dobija

$$i_m = i_w + i_w \left[ \frac{V_s \gamma_s}{(V_s + V_w) \gamma_w} - \frac{V_s \gamma_w}{(V_s + V_w) \gamma_w} \right]$$

$V_s \cdot \gamma_s$  je težina mešavine  $G_s$ , a zapremina mešavine je  $V_m = V_s + V_w$ , pa se dobija

$$i_m = i_w + i_w \left[ \frac{G_s}{(V_s + V_w) \gamma_w} - \frac{V_m}{V_s + V_w} + \frac{V_w \gamma_w}{(V_s + V_w) \gamma_w} \right]$$

Pošto je  $V_w \gamma_w = G_w$ , to je, prema tome,

$$i_m = i_w + i_w \left[ \frac{G_s}{\gamma_w V_m} - 1 + \frac{G_w}{\gamma_w V_m} \right]$$

odnosno

$$i_m = i_w + i_w \left( \frac{G_s + G_w}{\gamma_w V_m} - 1 \right)$$

$G_s + G_w$  je težina mešavine  $G_m$ , a  $\frac{G_m}{V_m}$  je specifična težina mešavine, što daje oblik

$$i_m = i_w + i_w \left( \frac{\gamma_m}{\gamma_w} - 1 \right)$$

odnosno konačni oblik

$$i_m = i_w \delta_m \quad (\text{XXXVIII})$$

Formula XXXVIII pokazuje da je strujanje mešavine u homogenom režimu, u stvari,

jednako strujanju teške tečnosti. Formula u teoretskom smislu ipak nije potpuno tačna, mada su opitni rezultati potvrdili računске, unutar uobičajene dozvoljene granice greške, pošto kao osnov uzima hidraulički pad vode. Kao što je bilo ranije prikazano, hidraulički pad kod vode zavisi od viskoznosti, dok kod mešavine zavisi od konsistencije mešavine. Konstistencija, pak, kod nenjutonskih tečnosti, a još više kod mešavina, nije konstantna i mora biti određena za svaki protočni sistem ponaosob.

Prema navedenom, hidraulički pad mešavina, u protočnom režimu homogene suspenzije, može se predstaviti krivom koja se nalazi na sve većem odstojanju od krive vode, ako brzina mešavine raste a koncentracija ostaje konstantna.

Jednačina za protočni režim mešavine kao heterogene suspenzije ima oblik:

$$\frac{i_m - i_w}{C_v \cdot i_w} = K_1 (s - 1) \frac{g D}{v^2} \frac{w}{v} \quad (\text{XXXIX})$$

Kod konstantne koncentracije i iste brzine taloženja, kriva hidrauličkog pada mešavine približuje se sve više krivi hidrauličkog pada vode u istoj cevi, ako brzina strujanja raste.

U velikom broju opita sa različitim materijalima i različitim koncentracijama i prečnicima zrna, a u cevi prečnika od 1 cola (0,0254 m), utvrđena je vrednost konstante  $K_1$  kao  $K_1 = 1100$ .

Za protočni režim sa poskakivanim zrnima i za tok s klizećim talogom Newitt je dao jednačinu:

$$\frac{i_m - i_w}{C_v \cdot i_w} = K_2 \cdot (s - 1) \frac{g D}{v^2} \quad (\text{XL})$$

Kriva, data jednačinom XL, sve je više paralelna sa krivom vode što je brzina kod konstantne koncentracije veća, sve dok ne pređe u protočni režim strujanja kao heterogena suspenzija.

Upotrebom istih podataka kao za izračunavanje hidrauličkog pada, prema ostalim formulama drugih autora, dobija se kriva 7 na sl. 5. Međutim, ova kriva nema jedinstveni tok, već predstavlja sjedinjenu krivu koja se sastoji iz 3 krive, shodno formulama XXXVII, XXXIX i XL.

## Upoređenje pojedinih načina utvrđivanja hidrauličkog pada

U primeru određivanja hidrauličkog pada prikazani su načini koje su primenjivali razni autori. Sem navedenih, postoji još niz predloženih načina. Međutim, ovde su prikazani samo najvažniji, tj. oni koji nude najveću tačnost kao i oni koji su imali drugu primenu u tehničkim slučajevima.

Na sl. 5 nalaze se krive hidrauličkog pada koje su izračunate na osnovu istih podataka ali primenom različitih formula. Već letimičan pogled na sliku pokazuje da se rezultati jako razlikuju među sobom. Međutim, ako se ne uzimaju u obzir krive 1 i 2, i naravno kriva 8 koja označuje hidraulički pad vode, onda se minimalni, odnosno maksimalni rezultat razlikuje u proseku za 32% od srednje vrednosti.

Najviše od svih odskake kriva Schmid-a. Njegova formula uzima u obzir suviše malo faktora, zbog toga hidraulički pad raste praktično proporcionalno kvadratu brzinskog odnosa, jer se koeficijent otpora praktično ne menja. Zbog toga što je suviše ne-srazmerna s rezultatima praktičnih merenja, nju treba izbaciti iz dalje upotrebe.

Isto tako se jako razlikuju rezultati Budyk-a od proseka ostalih rezultata i nisu u skladu s rezultatima praktičnih merenja. Njegova formula daje suviše važnosti koncentraciji, jer se vrednost hidrauličkog pada jače menja s promenom koncentracije nego kod drugih autora. Rezultati dobijeni ovom formulom za brzine veće od 5 m/s i zapreminske koncentracije iznad 0,3 suviše odskaku od praktičnih merenja.

Kriva hidrauličkih padova, uzeta iz tablica Adamek-a, leži najniže od svih, mada je jako bliska Coeuillettovoj i Durandovoj. Kriva hidrauličkog pada, prema Adameku, je rezultat njegovih brojnih opitnih merenja. Međutim, kako je Adamek radio svoje opite sa materijalom specifične težine 2200 kp/m<sup>3</sup>, to se njegove tablice ne mogu potpuno primenjivati na materijale sa drukčijom specifičnom težinom, jer se može pretpostaviti da bi rezultati bili do neke mere takođe različiti.

Coeuillett-ova formula ima samo ograničenu primenu, za brzine približno od 3 do 8 m/s i za zrna 0,4 i 2 mm. Ona u ovom području pokazuje priličnu tačnost, ako se

poredi s opitnim merenjima Adamek-a i Bonnington-a. Za opštu upotrebu ne može se preporučiti zbog već navedenih ograničenja.

Jufinov-a formula daje najvišu vrednost otpora, izuzev Schmidov-e i Budrykov-e, koje su iz već navedenih razloga odbačene kao formule koje mogu dati pouzdane rezultate. Međutim, Jufinov-a formula je, takođe, plod velikog broja opita i uzima u obzir praktično sve elemente koji utiču na hidraulički pad, ali je verovatno zbog sigurnosti dato pojedinim faktorima veće značenje nego što je njihov stvarni uticaj. Ipak, formula dolazi u obzir za praktičnu primenu, ako se hidraulički pad vode određuje prema formulama za glatke cevi.

Durand-ova formula (XXXI), kao i Newittov-e formule (XXXVII, XXXIX i XL), su rezultat brojnih opita. Potvrđene, su pored toga, mnogim opitima drugih istraživača, kao npr. Bonnington-a i Govier-a, i daljim istraživanjem Condolios-a. Kod viših koncentracija dobijaju se Newittovim formulama nešto tačniji rezultati. Važna razlika između Durandove i Newittovih jednačina je u tome, što je kod Durand-a hidraulički pad proporcionalan sa  $D^{1.5}$  a kod Newitt-a sa  $D$ . Newittove jednačine daju takođe malo bolje rezultate kod manjih prečnika cevi. Newittova jednačina dala bi još bolje rezultate da je u obračunu upotrebljen Hazen-Williamsov koeficijent 120 umesto 130. Znači, u obračunima po Durand-ovoj formuli uzete su suviše glatke cevi. Pravilnim odabirom svih faktora navedene formule Durand-a i Newitt-a mogu sasvim dobro poslužiti za određivanje vrednosti hidrauličkog pada.

Posebno je potrebno napomenuti da su sve formule za izračunavanje hidrauličkog pada u mešavini prema pojedinim autorima prikazane tako da je hidraulički pad izražen u jedinici »mVS/m«. Tako je omogućeno međusobno ravnopravno poređenje pojedinih rezultata.

### Zaključak

Autor je želeo da pokaže poteškoće koje se još uvek pojavljuju pri projektovanju hidrauličkog transporta. Da bi se odredio hidraulički pad za mešavinu čvrste i tečne

komponente, potrebno je prethodno dobro poznavati hidraulički pad za tečnost koji je sastavni deo hidrauličkog pada mešavine.

Od navedenih formula za određivanje hidrauličkog pada autor daje prednost formulama Durand-a i Newitt-a, a svakako dopušta mogućnost određivanja i Jufinovom formulom. Svi tako dobiveni rezultati mogu poslužiti samo za preliminarno određivanje hidrauličkog pada u cilju da se nađe idejno rešenje transportnog problema. Za izradu glavnog projekta neophodno su potrebni laboratorijski opiti sa što većom sličnošću sa stvarnim kasnijim postrojenjem. U ovim opitima je potrebno, takođe, da se odredi hidraulički pad za vodu kao kontrola kvaliteta, odnosno hrapavosti cevi.

### ZNACENJE SIMBOLA

a	član u jednačini Schmid
c	kritična brzina (m/s)
$C_D$	koeficijent taloženja (bez dimenzija)
$C_v$	zapreminska koncentracija izražena kao decimalni broj $(C_v = \frac{V_s}{V_m})$
d	prečnik zrna (m)
D	prečnik cevi (m)
f	koeficijent u Budrykovej jednačini
FL	koeficijent u Durandovoj jednačini za kritičnu brzinu
[ ] <sub>r</sub>	se odnosi na tečnu komponentu, npr. $G_f \dots$ težina tečnosti
g	ubrzanje zemljine teže ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ )
G	težina (kp)
$h_r$	visinski stub potreban za savlađivanje otpora (m)
i	hidraulički pad (m/m)
k	koeficijent
$K_1$ i $K_2$	koeficijenti u Newittovim formulama
L	ukupna dužina (m)
[ ] <sub>m</sub>	simbol se odnosi na mešavinu, npr. $V_m$ zapremina mešavine
$N_R$	Reynoldsov broj (bez dimenzija)
O	obim (m)
P	pritisak (kp/m <sup>2</sup> )
R	hidraulički radijus
S	površina (m <sup>2</sup> )
(s-l)	oznaka za $\frac{\gamma_s - \gamma_{lv}}{\gamma_{lv}}$
[ ] <sub>e</sub>	simbol se odnosi na čvrstu komponentu
v	brzina strujanja (m/s. Po pravilu je ovim simbolom označena srednja vrednost)
$v_e$	prelazna brzina (m/s)
V	zapremina (m <sup>3</sup> )
[ ] <sub>w</sub>	simbol se odnosi na vodu sa temperaturom oko 15°C
z	potencijalna visina (m)
$\alpha$	koeficijent u Budrykovej jednačini
$\beta$	koeficijent u Jufinovoj jednačini
$\gamma$	specifična težina (kp/m <sup>3</sup> )
$\delta$	relativna specifična težina (bez dimenz.)
$\Delta$	razlika, npr. $\Delta P = P_1 - P_2$
e	hrapavost cevi (m, mm)



$\epsilon'$	moćnost laminarnog graničnog sloja	$\nu$	kinematska viskoznost ( $m^2/s$ )
$\zeta$	koeficijent u Jufinovoj formuli	$\rho$	gustina, $\rho = \frac{\gamma}{g}$ ( $kp\ s^2/m^4$ )
$\eta$	koeficijent u Budrykovej formuli	$\varphi$	koeficijent u formuli Coeuilleta
$\lambda$	koeficijent hidrauličkog otpora (bez dimenz.)	$\omega$	koeficijent u formuli Coeuilleta
$\mu$	dinamička viskoznost ( $kp\ s/m^2$ )		

## SUMMARY

### Critical Comparison of Hydraulic Gradient Determination in Fluid-Solid Mixture Flow

A. M. Kocbek, min. eng.\*)

The friction head loss of a fluid-solid mixture flowing through a pipe can be determined with an adequate preciseness only in the case if the friction head loss of water is calculated in the same manner first. The author makes therefore at the beginning the comparison calculating the hydraulic gradient of water in accordance with different equations. He uses Prandtl-Karman's, Nikuradze's Hermann's Stanton-Pannel's Colborok's and Blasius' equations. At the same time he checks the limits in which they are valuable.

Comparing the results, received for the same mixture by the Schmid's, Budryk's Coeuillts's, Jufin's, Durand's and Newitt's equations and also Adamek's tables, those results are presented as curves in a diagram. The author endeavours to find out the causes for greater differences shown by some of those curves. He makes up his mind which equations are giving better results. He prefers the Durand's, Newitt's and Jufin's equation.

But, so calculated friction head loss of a slurry is satisfactoru still only for studying and investigating the feasibility of a fluid-solid mixture carrying pipeline. For the final designs the tests in a pilot pipeline are indispensable.

## Literatura

- Adamek, R., 1962: Obliczanie wydajności oraz wyznaczane parametrow technologii pod-sadzrania wyrobisk gornicznych. — GIG, Katowice.
- Chapus, E. E., Condolios, E., Covratin, P., 1962: Hydraulic Hoisting of Coal and Ores. — Mining Congress Journal, 9, 46—49
- Condolios, E., 1963—1964: Transport hydraulique des matériaux solides en conduites. — Mines, 18 (1963), 107 str. 281—287, 18 (1964) 109 str. 451—458, 19 (1964) 110 str. 37—43.
- Costantini, R., 1961: Pipelines Show Good Potential for Long-Distance Transporting of Solids. — Min. Engn. 13, 8, str. 977.
- Ellis, H. S., Redberger, P. J., Bolt, L. H., 1963: Transporting Solids by Pipeline — Slurries. — Ind. A. Eng. Chem. 55, 8, 18—26.
- Govier, G. W., Charles, M. E., 1961: The Hydraulics of the Pipeline Flow of Solid-Liquid Mixtures. — The Engineering J., 44, 8, str. 50—57.
- Jogwisch, A., 1965: Strömungsversuche mit Kohle-Wasser-Suspensionen als Beitrag zur Berechnung der hydraulischen Kohlenförderung. — Glückauf — Forschungshefte, 26, 1, str. 43—52.
- Kocbek, M. A., 1966: Uticaj prečnika cevi na efekat hidrauličkog zasipavanja. — Rudarski glasnik 3, 5, str. 41—52.
- Koch, L., 1962: Solids-carrying Pipelines. — Eng. and Min. J., 10.
- Latišenkov, A. M., Lobačev, V. J., 1950: Hidraulika. — Naučna knjiga, Beograd.
- Maercks-Ostermann, 1960: Bergbaumechanik, 6 izd. — Springer-Verlag, str. 462, Berlin.

\*) Dipl. ing. Anton M. Kocbek, viši stručni saradnik Zavoda za eksploataciju mineralnih sirovina Rudarskog instituta, Beograd.

- Metzner, A. B., Reed, J. C., 1955: Flow of Non-Newtonian Fluids — Correlation of the Laminar, Transition and Turbulent-Flow Regions. — A. I. Ch. E. Journal, 12, 434—440.
- Michalzik, A., 1962: Kritischer Vergleich von Berechnungsmethoden für Spülversatzbetriebe. — Bergbautechnik 12, 3, str. 127—132.
- Mostkov, M. A., 1963: Prikladaja gidromehaniika. — Fosenergoizdat, Moskva.
- Newitt, D. M., 1955: Hydraulic Conveying of Solids in Horizontal Pipes. — Trans., Inst. Chem. Eng., vol. 33, str. 93.
- Nurok, G. A., 1959: Gidromehanizacija gornyh rabot. — Gosgortehizdat, Moskva.
- Prandtl, L., 1956: Führer durch Strömungslehre, 4 izd. — Braunschweig, F. Vieweg.
- Spivakovski, A. O., 1962: Gidravličeskij i pnevmatičeskij transport na gornyh predpriyatijah. — Gos-Tehizdat, Moskva.
- Voronjec, K., Obradović, N., 1960: Mehanika fluida. — Građ. knjiga, Beograd.
- The Transportation of Solids in Steel Pipelines. — Color. School of Mines Research Found, Golden Colorado, 1963.



## Mogućnosti primene pretkoncentracije na rudi rudnika Veliki Majdan

Dipl. ing. Zoran Pacić — dr ing. Dragiša Draškić

### Uvod

Postrojenje flotacije za preradu olovo-cinkove rude u Velikom Majdanu, kapaciteta 150 t/dan, pušteno je u pogon krajem 1952. godine. U toku rada ovog postrojenja izvršeno je nekoliko izmena u šemi tehnološkog procesa, koje su izvršene sa ciljem poboljšanja tehnoloških rezultata kvaliteta koncentrata i iskorišćenja metala. Poseban problem, koji se pojavljivao u toku prerade rude ležišta Veliki Majdan, ogledao se u teškoćama flotiranja minerala cinka što je imalo svog odraza na nisko iskorišćenje ovog metala. Iz svih ovih razloga izvršena je i rekonstrukcija pogona flotacije 1961. god. u toku koje je, pored predviđene mogućnosti povećanja kapaciteta na 200 t/dan, izvršeno i podešavanje šeme tehnološkog procesa sa ciljem da se dotadašnji rezultati poboljšaju.

Pored mera, koje su bile vezane direktno za izmene i poboljšanje u samom pogonu, pristupilo se jednom sveobuhvatnijem i sistematskijem laboratorijskom istraživanju na rudi Veliki Majdan, čiji je osnovni zadatak bio da ustanovi uslove za poboljšanje sadašnjih rezultata u pogonu i usavršavanje samog tehnološkog procesa. Ova istraživanja, koja je obavljao Zavod za PMS Rudar-

skog instituta, trajala su nekoliko godina. Jedan od pravaca u okviru ovih istraživanja bio je usmeren sa ciljem utvrđivanja mogućnosti primene pretkoncentracije na olovo-cinkovoj rudi Veliki Majdan. U ovom članku biće dat prikaz ispitivanja pretkoncentracije i rezultata koji su tom prilikom postignuti.

### Osnovne karakteristike ispitivane rude

Mineraloško-mikroskopska ispitivanja izvršena na većem broju rudnih preparata imala su za cilj da ustanove ne samo mineraloški sastav sirovine, već posebno da osvetle strukturne osobine i način pojavljivanja pojedinih mineralnih komponenti.

Pregledom preparata utvrđeni su sledeći rudni minerali: galenit, sfalerit, halkopirit, pirhotin, magnetit, pirit, markasit, arsenopirit, tetraedrit, burnonit, bornit, halkozin, limonit i ceruzit.

Glavni rudni minerali galenit i sfalerit imaju veoma slične strukturne osobine. Galenit je više zastupljen u krupnokristalastim agregatima, mada se veličina zrna kreće u vrlo širokom dijapazonu od 0,02 do 1,70 mm.

Pojava sfalerita je slična kao i galenita, ma-  
da su zapaženi i agregati sa nešto krupnijim  
kristalima čija je veličina iznosila 2,00 mm.

Sama mineralizacija ležišta, orudnjenje  
u vidu cevi u samom krečnjaku i pojave na  
kontaktu dacita i krečnjaka, kao i krupno-  
zrne kristalaste forme rudnih minerala uka-  
zale su na potrebu ispitivanja mogućnosti  
primene pretkoncentracije. Makroskopskim  
posmatranjem izdobljene rude do ggk 50  
mm još su izrazitije uočene osobine da se u  
rudi pojavljuje znatan udeo slobodne kalcit-  
ne jalovine potpuno sterilne ili sa neznatnim  
učešćem korisnih minerala. Mikroskopskim  
pregledom preparata ovakvih komada usta-  
novljeno je da u njima nema sulfidnih mi-  
nerala ili se pojavljuju u sasvim neznatnim  
količinama. Ova činjenica bila je podstrek  
da se izvrše laboratorijska i industrijska is-  
pitivanja pretkoncentracije.

Hemijski sastav uzoraka ru-  
de Veliki Majdan. — Uzorak na ko-  
me su vršena sva ispitivanja laboratorijskog  
karaktera, a i laboratorijska ispitivanja pret-  
koncentracije, imao je sledeći hemijski sa-  
stav:

Pb (ukupno)	5,11%	Cd	0,066
Pb (oksidno)	1,53	SiO <sub>2</sub>	6,47
Zn (ukupno)	4,75	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	9,03
Zn (oksidno)	0,23	CaO	34,82
Fe	18,20	MgO	1,83
Cu	trag	Ba	trag
Sb	0,26	Ag	150 g/t
As	0,68	Au	trag
Mn	0,15	Gubitak	
Bi	0,0022	žarenja	6,12
S (ukupno)	17,50	Spec tež.	
Ge	nema	rude	3,33 g/cm <sup>3</sup>

### Opiti i rezultati analiza pliva — tone na uzorcima rude Veliki Majdan

Uočene osobine rude ležišta Veliki Maj-  
dan da se njen jedan deo javlja u potpuno  
ili skoro potpuno čistim komadima kalcitne  
jalovine, indicirao je mogućnost primene  
pretkoncentracije. U tom cilju reprezentati-  
vni uzorak Veliki Majdan je pripremljen za  
analizu pliva — tone na sledeći način. Uzo-  
rak je usitnjen do ggk 50 mm, a potom pro-  
sejan na 3 klase krupnoće: — 50+20 mm,  
— 20+3,36 mm i — 3,36+0 mm. Analiza  
pliva — tone izvršena je na krupnim klasama  
(+3,36 mm). Izbor granične specifične teži-  
ne za raslojavanje izvršen je posle dužih la-  
boratorijskih ispitivanja u rastvorima teš-  
kih tečnosti. Za ova ispitivanja služili su ra-  
stvori teških tečnosti: bromoform i tetrabro-  
metan. Na osnovu rezultata ispitivanja po-  
kazalo se, da se najpovoljniji odnos teške i  
lake frakcije za dalji proces pretkoncentra-  
cije, kao i iskorišćenje metala u teškoj frak-  
ciji, postiže ako se raslojavanje vrši pri spe-  
cifičnoj težini od 2,82.

Rezultati analize pliva — tone dati su u  
tablici 1.

Razmatrajući rezultate analize pliva —  
tone može se konstatovati nekoliko karakte-  
rističnih činjenica.

Prilikom raslojavanja krupne klase (—50  
+3,36 mm) u specifičnoj težini 2,82 odbacu-  
je se 51% lake frakcije, odnosno odbacuje  
se oko 38% jalovine u odnosu na celokupnu  
ulaznu sirovinu. Sadržaj metala u lakoj frak-  
ciji je znatno ispod sadržaja olova i cinka,  
koji ostaje u flotacijskoj jalovini na pogonu

Analiza P-T rude Veliki Majdan (klasa krupnoće — 50 + 3,36 mm)

Tablica 1

Proizvod	T%	Sadržaji		Raspodela	
		Pb%	Zn%	Pb%	Zn%
Ulaz Tone	100,00	4,44	4,68	100,00	100,00
(—50 + 3,36 mm)	36,42	6,40	7,36	52,46	57,17
Pliva (—50 + 3,36 mm)	37,86	trag	0,12	0,09	0,93
Klasa — 3,36 mm	25,72	8,20	7,64	47,45	41,90
Tone + klasa — 3,36 mm	62,14	7,15	7,48	99,91	99,07

Veliki Majdan. Iz tih razloga gubitak metala pretkoncentracijom u odbačnoj lakoj frakciji je praktično zanemarljiv. Usvajajući princip, da prilikom primene procesa pretkoncentracije u dalji proces flotiranja od laze objedinjeni proizvodi teške frakcije i sitne klase koja se ne pretkoncentriše, može se konstatovati da će u proces daljeg flotiranja ući preko 99% metala sadržanog u rudi. Pri svemu ovome novi proizvod sadrži veći udeo korisne komponente uz istovremeno težinsko smanjenje za 38%.

Polazeći od činjenice, da će se u doglednoj budućnosti eksploatacioni radovi na rudniku Veliki Majdan proširiti i na nove lokalnosti, izvršene su analize pliva — tone i na uzorcima ruda lokalnosti Kolarica i Donji Horizont. Postupak ispitivanja, krupnoća i specifična težina raslojavanja, bio je na ovim uzorcima identičan kao i kod uzorka Veliki Majdan. Rezultati ispitivanja prikazani su u tablicama 2 i 3.

Slične konstatacije, koje su učinjene za rezultate uzoraka Veliki Majdan, mogu se učiniti i za ove, koji su ostvareni na uzorcima Kolarica i Donji Horizont. Pri tome pada u oči da su nešto lošiji rezultati postignuti na uzorku Kolarica zbog većih sadržaja metala u lakoj frakciji.

Svi ovi rezultati su pokazali da je ruda ležišta Veliki Majdan, predstavljena svojim reprezentativnim uzorkom za ispitivanje, pogodna za proces pretkoncentracije. Iz tih razloga pristupilo se proveriti rezultata laboratorijskih ispitivanja i u industrijskom pogonu.

#### Opit pretkoncentracije rude Veliki Majdan u industrijskom obimu

Opit pretkoncentracije na rudi Veliki Majdan u industrijskom obimu izvršen je u postrojenju za gravitacijsku koncentraciju u teškoj sredini u pogonu Brasina. Nepo-

**Analiza R-T rude Kolarica (klasa krupnoće — 50 + 3,36 mm)**

**Tablica 2**

Proizvod	T%	Sadržaji		Raspodela	
		Pb%	Zn%	Pb%	Zn%
Ulaz	100,00	3,95	4,43	100,00	100,00
Tone (— 50 + 3,36 mm)	27,87	6,33	8,37	44,58	52,70
Pliva (— 50 + 3,36 mm)	34,49	0,34	0,32	2,99	2,48
Klasa — 3,36 mm	37,64	5,51	5,27	52,43	44,82
Tone + klasa — 3,36 mm	65,51	5,86	6,59	97,01	97,52

**Analiza R-T rude Donji Horizont (klasa krupnoće — 50 + 3,36 mm)**

**Tablica 3**

Proizvod	T%	Sadržaji		Raspodela	
		Pb%	Zn%	Pb%	Zn%
Ulaz	100,00	4,52	5,16	100,00	100,00
Tone (— 50 + 3,36 mm)	41,53	6,59	8,33	60,54	67,01
Pliva (— 50 + 3,36 mm)	36,93	0,10	0,10	0,85	0,75
Klasa — 3,36 mm	21,54	8,10	7,73	38,61	32,24
Tone + klasa 3,36 mm	63,07	7,10	8,12	99,15	99,25

sredna ispitivanja vršena su u uređaju sa koritom tipa OCC (Ore and Chemical Corporation), u kome je kao teška sredina primenjena suspenzija ferosilicijuma sa vodom.

U toku izvođenja industrijskog opita prerađeno je 60 t olovno-cinkove rude Veliki Majdan. Uzorak za industrijski opit pretkoncentracije pripremljen je na taj način, što je posle drobljenja rude do ggk 30 mm odsejana klasa — 3 + 0 mm i na taj način u separator se ušlo sa klasom — 30 + 3 mm. Kao što se vidi, učinjeno je izvesno odstupanje kod gornje granične krupnoće u odnosu na laboratorijska ispitivanja u kojima je analiza pliva-tone vršena sa rudom ggk 50 mm. Do ovih odstupanja je došlo zbog tehničkih karakteristika separatora OCC, koji nije podešen za rad sa većim krupnoćama.

Specifična težina suspenzije u toku opita kretala se od 2,76—2,89. Rezultati opita pretkoncentracije sa tovarnim bilansom, prikazani su na tablici 4.

Iako se zbog tehničkih uslova i veličine separatora moralo raditi sa rudom ggk 30 mm i na taj način donekle odstupiti od krupnoće sa kojom je izvršena analiza P-T u laboratorijskim opitima, rezultati industrijskog opita pretkoncentracije su veoma slični onima koji su postignuti u laboratoriji. Ovo je naročito karakteristično za raspodelu metala koja se ostvaruje u skupnom proizvodu pretkoncentracije, koji treba da ide dalje u proces flotiranja. Izvesna odstupanja, koja su uočljiva kod težinskih udela

pojedinih proizvoda i sadržaja metala u njima, nisu posledica procesa pretkoncentracije. Ova odstupanja dolaze, pre svega, zbog razlike u granulosastavu izdrobljene rude do ggk 30 mm, a takođe i zbog promene sadržaja olova i cinka u ulaznoj rudi. Iz ovih razloga došlo je do izvesnog smanjenja težinskog udela (lake frakcije) u procesu pretkoncentracije.

I pored ovakvih manjih odstupanja, koja su u našim ispitivanjima nastupila, opšta konstatacija, posle industrijskih opita pretkoncentracije bi bila da je ruda Veliki Majdan veoma pogodna za pretkoncentraciju.

#### Opiti selektivnog flotiranja minerala olova i cinka iz pretkoncentrata

I pored toga što su neposredna ispitivanja na primeni pretkoncentracije dala zadovoljavajuće rezultate, potpuna slika o mogućnosti i opravdanosti primene ove metode ne bi se mogla dobiti bez utvrđivanja ponašanja pretkoncentrata u procesu flotiranja. Ovo iz prostog razloga zato, što se pretkoncentrat razlikuje od rude po čitavom nizu svojih osobina: hemijskom sastavu, specifičnoj težini, tvrdini za proces mlevenja i dr.

Opiti flotiranja sa pretkoncentratom izvedeni su pod uslovima, koji su bili primenjivani i u toku flotacijskih ispitivanja direktno sa rudom Veliki Majdan. S obzirom na to da su uslovi i rezultati flotiranja na

Tablica 4

#### Rezultati pretkoncentracije

Proizvod	T%	Sadržaji		Raspodela	
		Pb%	Zn%	Pb%	Zn%
Ruda	100,00	5,55	5,15	100,00	100,00
Ulaz u separator (— 30 + 3 mm)	64,91	3,49	2,99	40,90	37,48
Klasa — 3 + 0 mm	35,09	9,36	9,22	59,10	62,52
Pretkoncentrat	30,95	7,17	6,07	40,00	36,36
Jalovina	33,96	0,15	0,17	0,90	1,12
Pretkoncentrat + klasa — 3 + 0 mm	66,04	8,33	7,74	99,10	98,88

rudi Veliki Majdan prikazani vrlo detaljno u ranijim izveštajima i prikazima, ovde ćemo dati samo uporedne rezultate, koji su ostvareni u toku laboratorijskih ispitivanja na rudi i pretkoncentratu, kao i rezultate koji su ostvareni u industrijskom procesu flotiranja na pogonu Veliki Majdan.

Ulazna ruda, u toku laboratorijskih ispitivanja direktnog flotiranja minerala olova i cinka, sadržala je 5,11% Pb i 4,75% Zn. U toku laboratorijskih ispitivanja ostvarena su iskorišćenja od 90—93% za olovo i 70—75% za cink, pri čemu su dobijeni metalurški koncentracije uobičajenog kvaliteta. Iskorišćenja, koja su ostvarena na pogonu u periodu kada je prerađivana ruda iz koje je uzet srednji uzorak, iznosila su za olovo 80—82%, a za cink 60—65%. Ovaj period se navodi zbog toga, što su ostvareni rezultati postignuti pre rekonstrukcije pogona flotacije. Posle rekonstrukcije pogona flotacije, naime od 1961. god. nadalje iskorišćenja koja su postignuta bila su za olovo 85—90%, a za cink 65—70%. I u jednom i u drugom slučaju prerađivana je ruda sa sadržajem od 4,50—5,00% Pb i 4,50—5,00% Zn.

Pretkoncentrat, na kome su vršena laboratorijska ispitivanja flotiranja, sadržao je 7,44% Pb i 7,45% Zn (srednja vrednost iz svih opita). U toku laboratorijskih opita sa

ovakvom sirovinom ostvarena su iskorišćenja od 90—92% kod olova i oko 71% kod cinka.

Upoređujući, makar u svojim osnovnim parametrima, iznete rezultate flotiranja, može se konstatovati da se, i pored znatnog obogaćenja pretkoncentrata u odnosu na ulaznu rudu, primenjujući uslove flotiranja kako i kod same rude Veliki Majdan — postižu vrlo identični rezultati. Sve to ukazuje da se može vrlo uspešno primeniti postupak pretkoncentracije na rudi Veliki Majdan. Iznoseći jednu ovakvu konstataciju autori ne nabrajaju prednosti, koje proističu u slučaju da se prerađuje pretkoncentrat, a ne direktno ruda u pogonu kapaciteta 200 t/dan. Sagledavajući ove rezultate ne treba izgubiti iz vida činjenicu da ruda Veliki Majdan ne spada u red siromašnih ruda olova i cinka, što postupak pretkoncentracije čini posebno interesantnim i ekonomski privlačnim. Primena procesa pretkoncentracije imala bi najveći značaj u tome, što bi se pri istom sadašnjem kapacitetu pogona flotacije mogla povećati proizvodnja olova i cinka u vidu odgovarajućih metalurških koncentrata. Upravo zbog toga su autori ovog članka, koji su istovremeno radili na pomenutim ispitivanjima pretkoncentracije, nastojali da te rezultate i objave.

## SUMMARY

### Possibilities of Applying Preconcentration on Veliki Majdan Ore

Z. Pacić, min. eng. — dr D. Draškić, min. eng.\*)

The paper treats some preconcentration tests on a lead-zinc ore bearing 5,0% Pb and 4,7% Zn. It was found that the size — 50 + 3 mm may be treated in this way so

\*) Dipl. ing. Zoran Pacić, viši stručni saradnik Zavoda za PMS, Rudarskog instituta, Beograd.  
Dr ing. Dragiša Draškić, docent Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu.

that a preconcentrate with 6,6% Pb and 7,3% Zn is obtained with a tailing bearing traces of Pb and 0,12% Zn. Mixing the obtained preconcentrate with the fines — 3 mm + 0 mm a product bearing 7,15% Pb and 7,48% Zn is obtained, containing 99,91% of the original lead and 99,07% of the original zinc in the ore. Submitting this products to selective flotation a lead concentrate with a recovery of lead of 90—92% is obtained together and a zinc concentrate at a zinc recovery of 71%.





# Primena postupka kompleksiranja i kontrolne oksidacije za deprimiranje pirita u uslovima selektivnog flotiranja sulfidnih minerala olova i cinka rude Farbani Potok

(sa 6 slika)

Dr ing. Filip Šer

## Uvod

Selektivno odvajanje sulfidnih minerala olova i cinka iz ruda koje sadrže iznad 60% pirita predstavlja veoma težak i složen problem u industrijskom procesu pripreme mineralnih sirovina. Visok sadržaj pirita u rudi onemogućava selektivno izdvajanje sulfidnih minerala olova, cinka i bakra, i zbog toga što se sa površina pirita, kao posledica hidratacije i disocijacije, u pulpi izdvaja veća koncentracija fero jona. U takvim uslovima, pri selektivnom flotiranju galenita, flotira i pirit koji je aktiviran fero jonima. Na ovaj način onemogućeno je dobijanje selektivnog koncentrata galenita. Osim toga, stvoreni fero joni reaguju sa jonima cijanida, koji se dodaju za deprimiranje pirita i sulfidnih minerala cinka, te na taj način u pulpi nemamo slobodne jone cijanida, koji bi mogli dejstvovati na površine pirita i sfalerita, odnosno marmatita.

Negativno dejstvo jona bi se moglo otkloniti precipitacijom kalcijumhidroksida. Međutim, s obzirom na visoku koncentraciju fero jona, u uslovima kada ruda sadrži iznad 60% pirita, potrebna je i visoka koncentracija

kalcijumhidroksida, što obično ima negativan efekat na flotiranje galenita.

U postojećem pogonu flotacije Marevci, gde se priprema olovo-cinkova ruda ležišta Farbani Potok, vršeno je industrijsko ispitivanje mogućnosti selektivne koncentracije rudnog zasipa ležišta Farbani Potok (koje karakteriše jako visok sadržaj pirita i mulja), primenom klasičnog postupka deprimiranja pirita.

Zbog toga su, u industrijskim uslovima koncentracije sulfidnih ruda sa visokim sadržajem pirita, dobiveni koncentri neselektivni, a ostvarena iskorišćenja korisnih metala daleko niža, u poređenju sa rudama sa nižim sadržajem pirita.

Da bi se slični problemi, vezani za selektivno flotiranje sulfidnih minerala rudnog zasipa ležišta Farbani Potok, uspešno rešili, pristupilo se ispitivanju, prvo, mogućnosti primene poznatih klasičnih postupaka, a potom mogućnosti primene novog originalnog postupka kompleksiranja i kontrolne oksidacije u deprimiranju pirita.

## Uzorak ispitivane rude

Ispitivani uzorak rudnog zasipa ležišta Farbani Potok karakteriše u prvom redu visok sadržaj pirita i znatan udeo koloidnog mulja.

Delimična hemijska analiza pokazala je da ispitivana ruda sadrži:

Pb	6,01%
Zn	4,02%
Fe	34,80%

Na osnovu ove analize može se orijentaciono zaključiti da je ispitivana ruda sadržala oko 74% pirita. Ovako visok sadržaj pirita usloviće i visok sadržaj fero jona u pulpi. Iz istog razloga izvršena je hemijska analiza izdvojenog rastvora dobivenog posle kondicioniranja izdrobljene rude ggk 5 mm destilovanom vodom u vremenskom trajanju od 30 min, kod odnosa Č : T = 1 : 2,5.

Hemijska analiza rastvora dala je sledeće podatke:

Fe <sup>+++</sup>	7,1% mg/l
Fe <sup>++</sup>	171,9 mg/l
Cu <sup>++</sup>	16,8 mg/l
Zn <sup>++</sup>	850,0 mg/l
Mn <sup>++</sup>	37,5 mg/l
SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	1.896,3 mg/l
slobodne H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	69,0 mg/l
pH rastvora	4,1

Prisustvo visoke koncentracije fero, cink, mangan i kupri jona, kao i prisustvo visoke koncentracije jona sulfata i slobodne sumporne kiseline u rastvoru ukazuju na teškoće koje će nastati prilikom selektivnog flotiranja minerala olova i cinka.

Mikroskopskim ispitivanjima konstatovano je da je ispitivanu rudu potrebno mleti do finoće od oko 74% minus 0,074 mm, da bi se postiglo zadovoljavajuće oslobodjenje minerala međusobno prirodnih veza.

## Opiti flotiranja

Laboratorijski opiti flotiranja vršeni su u laboratorijskoj flotacionoj mašini tipa »Denver, Sub — A« u kojoj je istovremeno vršeno i kondicioniranje pulpe.

Laboratorijska ispitivanja obuhvataju nekoliko grupa opita. U svakoj grupi opita ispitivan je uticaj određenih faktora na flotiranje minerala olova i cinka: vrste i količine određenih reagensa, pH vrednosti, stepen kontrolne oksidacije, stepen kompleksiranja rastvorljivih soli, broj i intezitet odmuljivanja itd. U daljem izlaganju vršena je sistematizacija opita po pojedinim grupama, posebno za flotiranje minerala olova i posebno za flotiranje minerala cinka, dok su uporedni rezultati postignuti u njima, prikazani dijagramski i u zaključku.

Sva laboratorijska ispitivanja vršena su na rudi usitnjenoj do finoće od 74,5% do 0,074 mm, pH vrednost pulpe u flotiranju minerala olova iznosila je između 7,0 i 8,0.

### Rezultati ispitivanja selektivnog flotiranja minerala olova

I grupa opita obuhvata opite u kojima su se vršila ispitivanja mogućnosti primene klasičnog, već primenjenog u sadašnjem pogonu, postupka selektivne flotacije minerala olova, upotrebom natrijumcijanida, cinksulfata, natrijumsulfita i kalcijuhidroksida kao deprimatora pirita i marmatita, odnosno sfalerita.

Primenom različitih ksantata i kombinacija ksantata sa alkil ditiofosfornom kiselinom, kao kolektorima, nije postignuto selektivno flotiranje minerala olova.

Laboratorijski rezultati ovih ispitivanja dati su u tablici 1.

Tablica 1

Proizvod	Sadržaji		Raspodela	
	Pb%	Zn%	Pb%	Zn%
Ulaz	6,12	3,98	100,0	100,0
Koncentrat olova	7,04	3,62	53,6	42,4
Jalovina	5,32	4,29	46,4	57,6

Primenom samo alkal ditiofosforne kiseline kao kolektora, flotira samo najfiniji jalovi mulj.

Pirit nije mogao biti deprimiran primenjenim deprimatorima, zbog veoma visoke koncentracije fero jona u pulpi, koji su reagovali sa jonima cijanida, što je dovodilo do smanjenja njegove koncentracije potrebne za deprimiranje pirita. Istovremeno fero joni delovali su deprimirajuće na galenit. Kalcijumhidroksidom bi se mogla izvršiti delimična precipitacija fero jona. Međutim, zbog veoma visoke koncentracije OH jona potrebne za precipitaciju, i s tim u vezi visoke koncentracije kalcijum jona, došlo bi do deprimiranja galenita. U vezi sa iznetim teškoćama, koje nastaju u procesu flotiranja zbog prisustva u pulpi fero jona, pomenimo da i visoka koncentracija slobodne sumporne kiseline u pulpi (69 mg/l) deluju na povećanje koncentracije fero jona, a time i na pogoršanje procesa flotiranja. Visoka koncentracija i ostalih jona metala ( $Zn^{++}$   $Mn^{++}$ ) utiču takođe negativno na proces selektivnog flotiranja minerala olova i cinka uobičajenim, klasičnim postupkom. Iz svih ovih razloga pristupilo se daljem ispitivanju, čiji je osnovni cilj bio da eliminiše negativni uticaj pomenutih agensa na proces selektivnog flotiranja.

II grupa opita imala je za cilj da orijentaciono, bez detaljnijih provera, utvrdi delovanje feri soli u stvaranju kompleksnih jedinjenja u pulpi i delovanje kalijumpermanganata na prevođenje prisutnih u pulpi fero jona »kontrolnom oksidacijom« u feri jone. Rezultati ovih ispitivanja ukazuju da uvođenjem 1.000 g/t feriamonijumsulfata u pulpu, u prisustvu i bez prisustva natrijumsulfita i cinksulfata, dobijaju se grubi koncentri olova sa oko 25 — 31% Pb uz iskorišćenje olova od oko 67%. Važno je ovde istaći da se u ovim uslovima sadržaj cinka u grubom koncentratu kreće od 3,8 do 7,7%, pri čemu je gubitak cinka od 10—18% što je znatno niže u poređenju sa I grupom opita.

Uvođenjem u flotacijsku pulpu permanganata od 100 g/t iskorišćenje olova u grubom koncentratu je znatno povećano i iznosi oko 80% pri kvalitetu koncentrata olova od oko 31% Pb.

Uvođenjem permanganata kao »kontrolnog oksidansa« izvršeno je pre svega delimično prevođenje fero jona u feri jone. Prevođenjem fero jona u feri jone postiže se povoljan efekat, jer feri joni ne utiču negativno na flotiranje galenita, a isti u prisustvu kuprisulfata stvaraju kompleksne molekule, koji vrše »blokiranje« površina pirita i na taj način sprečavaju njegove površine da postanu hidrofobne, tj. sprečavaju kolektiranje pirita a time i njegovo flotiranje.

S obzirom na veoma visoku koncentraciju fero jona u pulpi (172 mg/l) potrebna je odgovarajuća stehiometrijska količina kalijumpermanganata za prevođenje u feri jone. Budući da je dodato samo 25 mg/l permanganata (što je daleko ispod stehiometrijske količine) normalno i nismo mogli izvršiti potpuno prevođenje svih fero jona u feri jone, a još manje izvršiti »kontrolnu oksidaciju« površina pirita, odnosno izvršiti deprimiranje pirita postupkom »kontrolne oksidacije«.

Ova koncentracija permanganata od 25 mg/l dodata je da bi se obezbedila selektivnost oksidacije.

Isto tako uvođenjem feri jona zajedno sa kupri jonima stvorili smo hidrofilne kompleksne molekule feri-kupri-hidroksida, koji zatvaraju površine pirita, a svoje hidrofilne osobine prenose i na površine pirita i time sprečavaju kontakt vazdušnih mehurića sa istim.

»Blokiranjem« površine pirita kompleksnim molekulima feri-kupri-hidroksida sprečava se emitovanje fero jona sa površina pirita u rastvor-pulpu što utiče na sprečavanje povećanja koncentracije fero jona.

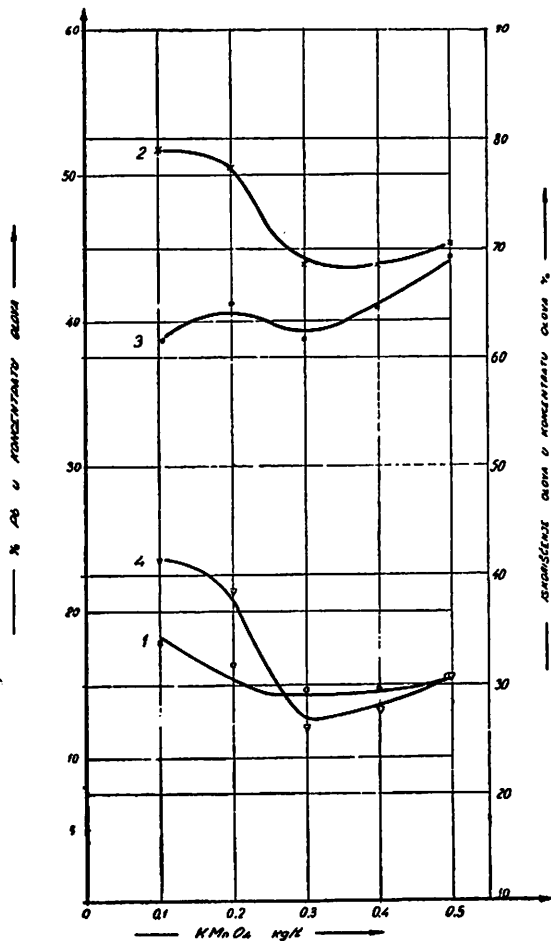
Ova ispitivanja su pokazala da se klasični deprimatori natrijumsulfat, natrijumcijanid i cinksulfat, koji nisu mogli biti uspešno primenjeni u našem slučaju za deprimiranje pirita i cinka, veoma uspešno mogu zameniti novim deprimatorima, feri solima i kalijumpermanganatom za deprimiranje pirita i cinka u ovom slučaju.

Da bi se izvršila provera uticaja rastvorljivih soli u pulpi na selektivno flotiranje, izvedena je III grupa opita u kojima je pre flotiranja izvršeno pranje i odstranjivanje bistrog rastvora pulpe ili mulja. Rezul-

tati ovih ispitivanja ukazuju da ukoliko je samo pranje i odvajanje rastvorljivih soli iz pulpe intenzivnije i potpunije utoliko su i tehnološki rezultati flotiranja minerala olova povoljniji.

U tablici 2 dat je uporedni pregled ostvarenih rezultata flotiranja minerala olova za različite intenzitete odvajanja rastvorljivih soli iz rastvora.

Iz tablice 2 se vidi da povećanjem intenziteta odstranjenja rastvorljivih soli iz pulpe pranjem rude rastu kvaliteti i iskorišćenja olova koncentrata.



Sl. 1 — Uticaj količine oksidansa na flotiranje galenita  
1 — grubi koncentrat olova; 2 — iskorišćenje grubog koncentrata olova; 3 — jedanput prečišćen koncentrat olova; 4 — iskorišćenje prečišćenog koncentrata.

Fig. 1 — Influence of oxide quantity on galena flotation.

Tablica 2

Intenzitet odstranjenja rastvorljivih soli (broj odmuljivanja)	Koncentrat olova, Pb%		Iskorišćenje olova (%)	
	grubi	prečišćeni	grubi	prečišćeni
1	15,70	31,8	79,3	59,5
4	22,05	62,5	80,6	63,6

\*) Iskorišćenje računato bez gubitka mulja, koji iznosi oko 20% na ukupno olovo.

Sve ovo potvrđuje činjenicu o veoma negativnom uticaju rastvorljivih soli na flotiranje minerala olova i da se odstranjenjem istih iz rastvora može očekivati iznalaženje rešenja selektivnog flotiranja minerala olova.

Međutim, pranje i odmuljivanje rude, a time odstranjenje rastvorljivih soli pre flotiranja minerala olova, u laboratorijskim, a samim tim još više u industrijskim uslovima, dovodi kod ove rude do veoma visokog gubitka korisnih minerala (olova i cinka) u samom mulju. Taj gubitak olova iznosi u uslovima laboratorijskog odmuljivanja oko 15 do 20%, što bi u industrijskom obimu bilo još više.

Karakteristični optimalni rezultati ove grupe ispitivanja, ostvareni na prethodno četiri puta odmuljenoj rudi, prikazani su u tablici 3.

Prema tome, može se zaključiti da je za slučaj selektivnog flotiranja uz primenu

Tablica 3

Proizvod	Sadržaj %		Raspodela %	
	Pb	Zn	Pb**	Zn**
Ulaz	3,93	3,10	100,00	100,0
*K/Pb	62,48	1,50	63,6	2,0
*M/Pb	6,41	3,00	17,0	10,0
*K/Zn	3,24	29,70	5,5	64,5
*M/Zn	1,99	1,20	12,4	9,5
Jalovina	0,11	0,80	1,5	14,0

\*) K/Pb, K/Zn — koncentracije olova, odnosno cinka; M/Pb, M/Zn — međuproizvodi olova, odnosno cinka.

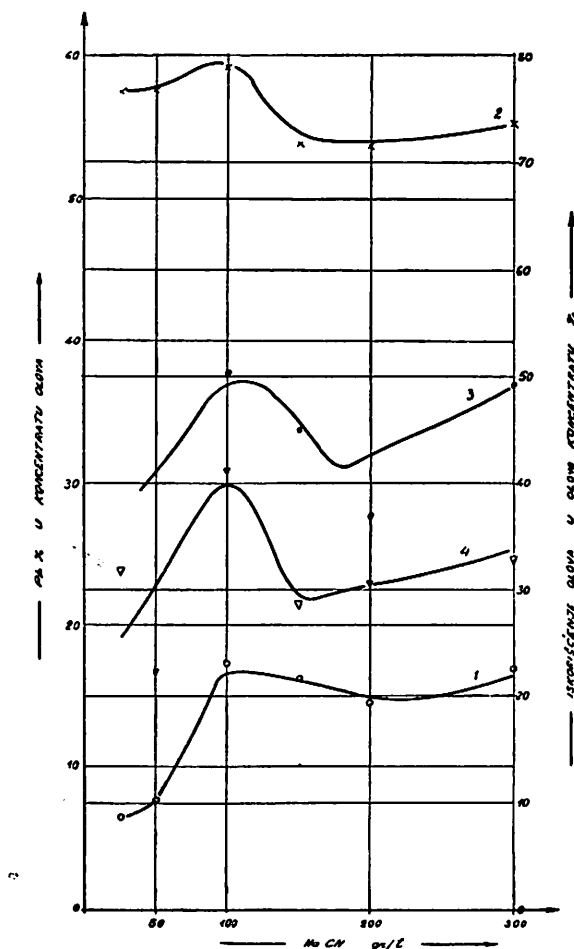
\*\*\*) Raspodela metala prikazana bez odbačenog mulja, koji ovde iznosi oko 30%; dok je gubitak metala proporcionalan težinskom udelu odbačenog mulja i isti iznosi oko 20% za olovo i oko 25% za cink.

standardnih (klasičnih) deprimatora potrebno vršiti intenzivno odmuljivanje, što bi dovelo do velikog gubitka korisnih minerala u mulju.

IV grupa opita imala je za cilj da ispita uticaj koncentracije kalijumpermanganata na »kontrolnu oksidaciju«, odnosno

ta od 100 g/t. Pri ovim uslovima dobija se grubi koncentrat olova sa oko 17,5% Pb uz iskorišćenje olova od oko 79%. Jedanput prečišćen koncentrat olova sadrži oko 39% Pb.

Porastom koncentracije permanganata raste kvalitet prečišćenog koncentrata (kriva 3, dijagram 1) ali opada i iskorišćenje olova (kriva 2, dijagram 1), što se može objasniti teškoćama izvođenja procesa »kontrol-

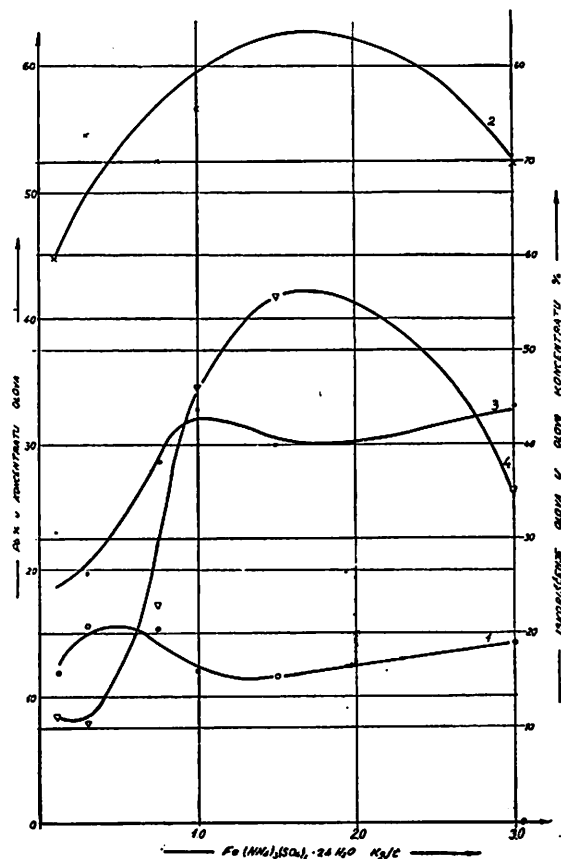


Sl. 2 — Uticaj količine natrijumcijanida na flotiranje galenita.

1 — grubo koncentrat olova; 2 — iskorišćenje grubog koncentrata; 3 — jedanput prečišćen koncentrat; 4 — iskorišćenje prečišćenog koncentrata.

Fig. 2 — Influence of sodium cyanide quantity on galena flotation.

na selektivno flotiranje galenita. Rezultati ovih opita koji su prikazani na sl. 1 ukazuju da pri vrednosti pH od 7,09—7,25, uz dodatak bakra sulfata od 100 g/t, dobijamo optimalne rezultate pri dodatku kalijumpermanganata



Sl. 3 — Uticaj količine ferisulfata na flotiranje galenita.

1 — grubo koncentrat olova; 2 — iskorišćenje grubog koncentrata olova; 3 — jedanput prečišćen koncentrat; 4 — iskorišćenje prečišćenog koncentrata.

Fig. 3 — Influence of ferric sulphate quantity on galena flotation.

ne oksidacije» pri visokim koncentracijama oksidansa. U tom smislu vršena su dalja ispitivanja u cilju iznalaženja agensa, koji će omogućiti uspešnu »kontrolnu oksidaciju« za različite koncentracije oksidansa.

V grupa opita učinjena je u nameri da se izvrši ispitivanje uticaja promene koncentracije natrijumcijanida u uslovima »kontrolne oksidacije« i uslovima stvaranja kompleksnih hidrofилnih feri-kupri-hidroksida. Ova ispitivanja, čiji su rezultati prikazani na dijagramu 2, očitо ukazuju na značaj natrijum cijanida u deprimiranju pirita u prisustvu feri-kompleksa i kalijumpermanganata (100 mg/l). Bez prisustva natrijumcijanida deprimirajuće dejstvo feri-kompleksa i oksidansa je znatno umanjeno, što se pre svega ogleda u ostvarenim kvalitetima koncentrata olova. Kvalitet grubog koncentrata od 6,6% Pb pri dodatku natrijumcijanida od 25 g/t raste do na oko 17,5% Pb sa porastom dodavanja cijanida do 100 g/t (kriva 1, dijagram 2).

Daljim porastom koncentracije natrijum cijanida kvalitet koncentrata se mnogo ne menja, dok iskorišćenje grubog koncentrata delimično opada (kriva 2, dijagram 1).

Optimalni rezultati koncentracije postizu se pri dodatku natrijumcijanida od 100 g/t.

Da bi se konačno izvršila ispitivanja uticaja kompleksa feri-kupri jona na selektivno flotiranje minerala olova, u prisustvu natrijumcijanida i kalijumpermanganata (100 mg/l), izvršena je i VI grupa opita čiji su rezultati prikazani na dijagramu 3.

Porastom koncentracije feriamonijum sulfata rastu i kvaliteti i iskorišćenja koncentrata, što se vidi iz dijagrama 3, krive 2, 3 i 4. Iste krive dostižu ovaj maksimum pri dodatku feriamonijumsulfata od 1,5 kg/t. Daljim porastom koncentracije kvalitet koncentrata olova se ne menja bitno (dijagram 3, krive 1 i 3), dok iskorišćenje opada (krive 2 i 4). Kod veoma visoke koncentracije feri soli (iznad 1,5 kg/t) dolazi i do »blokiranja« površina galenita što se odražava i na smanjenje njegovog iskorišćenja.

Međutim, upravo ova serija ispitivanja ukazala je na veliki značaj i efekat kompleksnih molekula feri-kupri-hidroksida u deprimiranju pirita i omogućavanju izvođenja selektivne flotacije galenita, kada je u rudi prisutna tako velika količina pirita. Bez prisustva feri-kompleksa, selektivnost je veoma mala, dobiveni koncentracije veoma siromašni, a ostvarena iskorišćenja veoma niska.

#### Rezultati ispitivanja selektivnog flotiranja minerala cinka

I grupa opita obuhvata ispitivanja mogućnosti flotiranja minerala cinka bez prethodnog odmuljivanja. Rezultati ovih opita dati su u tablici 4.

Tablica 4

Koncentrat cinka, broj	Sadržaj		Iskorišćenje cinka %
	Zn	Pb	
1	2,34	2,03	0,2
2	3,46	1,26	1,3
3	2,38	1,88	0,8

Koncentracije cinka br. 1 i br. 2 dobiveni su primenom klasičnog postupka, a br. 3 postupkom kontrolne oksidacije, bez prethodnog odmuljivanja. Rezultati ispitivanja ukazuju na nemogućnost flotiranja minerala cinka bez prethodnog odstranjenja pseudokoloidnog mulja. Upravo je primećeno da u toku flotiranja, tj. uz dodatak kolektora počinje izdvajanje samo ovog mulja, koji se u samom procesu veoma dugo izdvaja u obliku nemi-neralizovane, voluminozne i prljave pene.

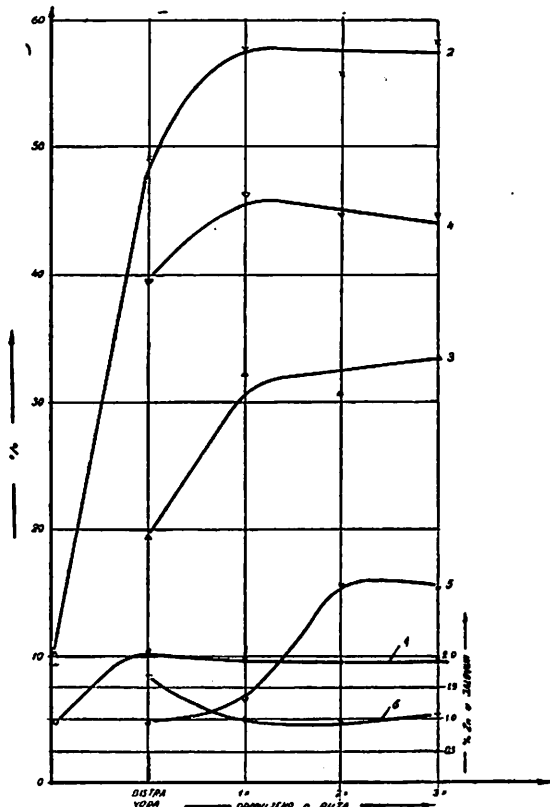
Upravo prisustvo pseudokoloidnog mulja, čija nam je priroda potpuno nepoznata, sprečava svako aktiviranje minerala cinka, pa samim tim onemogućava hidrofobizaciju njegovih površina. Moramo ovde istaći da smo izvršili veliki broj samo kvalitativnih ispitivanja pod raznim uslovima dodatka reagensa, kako po količini tako i po vrsti, ali je svuda rezultat bio isti, naime, bez odmuljivanja odnosno bez odstranjenja koloidnog mulja iz pulpe ne mogu se flotirati minerali cinka, jer se u takvim uslovima, zbog posebne prirode mulja, ne može izvršiti aktiviranje minerala cinka.

Uticaj odstranjenja koloidnog mulja iz pulpe pre flotiranja minerala cinka ispitivan je u II grupi opita. Rezultati ovih ispitivanja, koji su prikazani na dijagramu 4, ukazuju da već odstranjenjem samo rastvorljivih soli u vodi bistrog rastvora iz pulpe možemo flotirati minerale cinka. Međutim, kada

se izvrši odmuljivanje u jednoj etapi (odstranjenje samo koloidnog mulja) postižu se najpovoljniji rezultati u pogledu kvaliteta koncentrata (kriva 3, dijagram 4) i iskorišćenja cinka (krive 2 i 4, dijagram 4). Daljim povećanjem intenziteta odmuljivanja tj. odbacivanjem i grubog mulja (disperzoida) po-

Sve ovo dovodi do zaključka da se optimalni rezultati u flotiranju minerala cinka mogu postići već posle jednog odmuljivanja i da dalje odmuljivanje utiče na poboljšanje rezultata.

III grupom opita izvršena su ispitivanja uticaja promene koncentracije OH jo-

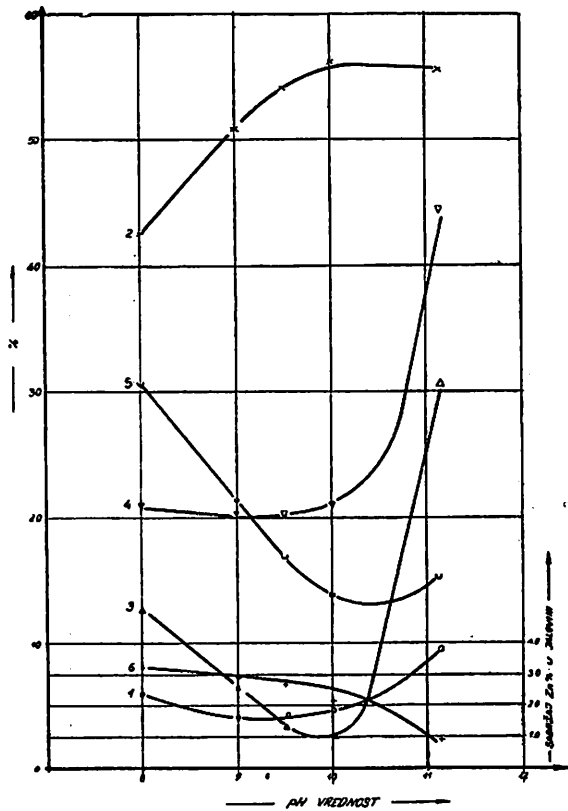


Sl. 4 — Uticaj intenziteta odmuljivanja na flotiranje minerala cinka.

1 — procenat Zn u grubom koncentratu; 2 — iskorišćenje Zn u grubom koncentratu; 3 — procenat Zn u prečišćenom koncentratu; 4 — iskorišćenje Zn u prečišćenom koncentratu; 5 — gubitak Zn u jalovini i mulju; 6 — sadržaj Zn % u jalovini.

Fig. 4 — Influence of desliming intensity on zinc minerals flotation.

većava se gubitak ukupnog cinka u mulju (kriva 5, dijagram 4), dok se kvaliteti koncentrata znatno ne menjaju. Isto tako, povećanjem intenziteta odmuljivanja sadržaj cinka u jalovini flotiranja ne opada (kriva 6, dijagram 4).



Sl. 5 — Uticaj pH vrednosti na flotiranje minerala cinka.

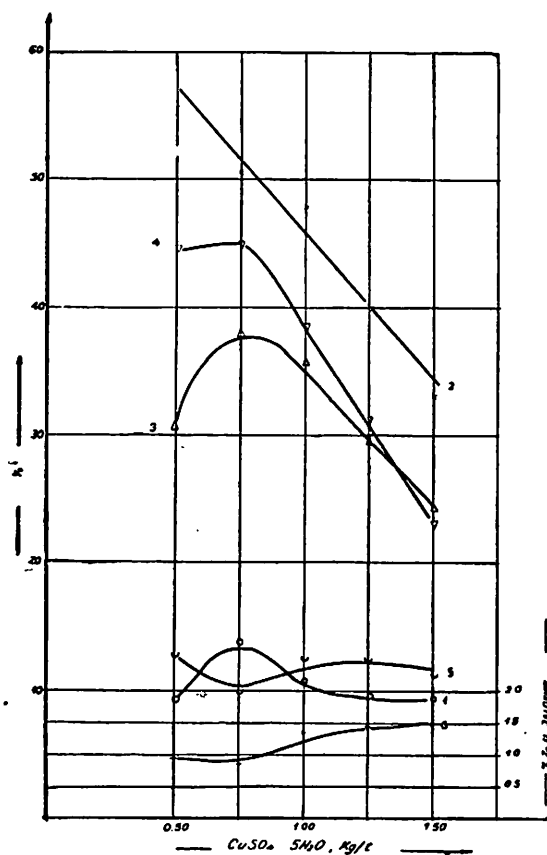
1 — procenat Zn u grubom koncentratu; 2 — iskorišćenje Zn u grubom koncentratu; 3 — procenat Zn u prečišćenom koncentratu; 4 — iskorišćenje Zn u prečišćenom koncentratu; 5 — gubitak Zn u jalovini i mulju; 6 — sadržaj Zn % u jalovini.

Fig. 5 — Influence of pH value on zinc minerals flotation.

na, odnosno pH vrednosti na flotiranje minerala cinka. Na dijagramu 5 su prikazani rezultati ovih ispitivanja. Iz toga se vidi, da porastom pH vrednosti od 8 na 11 raste ukupno iskorišćenje cinka (kriva 2 dijagram 5), dok se kvaliteti koncentrata od 8,90 bitno

ne menjaju (kriva 1 i 4, dijagram 5). Kad je pH vrednost iznad 10, dolazi do značajnog porasta istog kvaliteta. Isto tako, sa porastom pH od 8 do 11 opada gubitak ukupnog cinka u jalovini i mulju (kriva 5, dijagram 5), a i sam sadržaj cinka u jalovini se značajno smanjuje povećanjem pH vrednosti (kriva 6, dijagram 5).

Opšti zaključak za ova ispitivanja bi bio da se uspešno flotiranje minerala cinka može izvršiti samo pri pH vrednosti pulpe iznad 10. Optimum se ostvaruje za pH vrednost 11,



Sl. 6 — Uticaj količine kupri sulfata na flotiranje minerala cinka.

1 — procenat Zn u grubom koncentratu; 2 — iskorišćenje Zn u grubom koncentratu; 3 — procenat Zn u prečišćenom koncentratu; 4 — iskorišćenje Zn u prečišćenom koncentratu; 5 — gubitak Zn u jalovini; 6 — sadržaj Zn % u jalovini.

Fig. 6 — Influence of copper sulphate quantity on zinc minerals flotation.

kada se postižu prečišćeni maksimalni kvaliteta koncentrata od oko 31—42% Zn (jedanput prečišćeni) uz maksimalno moguća iskorišćenja cinka (od 55 do 70%).

IV grupa opita vršila se je sa ciljem utvrđivanja potrebne optimalne koncentracije aktivatora — bakra sulfata za slučaj prethodno dvaput odmuljene pulpe i pri pH vrednosti od 11,0 do 11,2. Rezultati ovih ispitivanja prikazani su na dijagramu 6.

Ova ispitivanja pokazuju da se optimalni kvaliteta koncentrata cinka postižu pri utrošku bakra sulfata od 750 g/t (kriva 1 i 3, dijagram 6). Za ovu koncentraciju bakra sulfata gubitak cinka u jalovini je najniži (krive 5 i 6, dijagram 6), a i ostvarenja iskorišćenja cinka u koncentratu najpovoljnija (kriva 1 i 4, dijagram 6). Daljim porastom koncentracije bakra sulfata opada i kvalitet i iskorišćenje cink koncentrata i to linearno. Ovo je verovatno posledica kompresije dvostrukog električnog sloja, tako da imamo upravo suprotan efekat od aktivirajućeg dejstva bakra sulfata na površini manmatita.

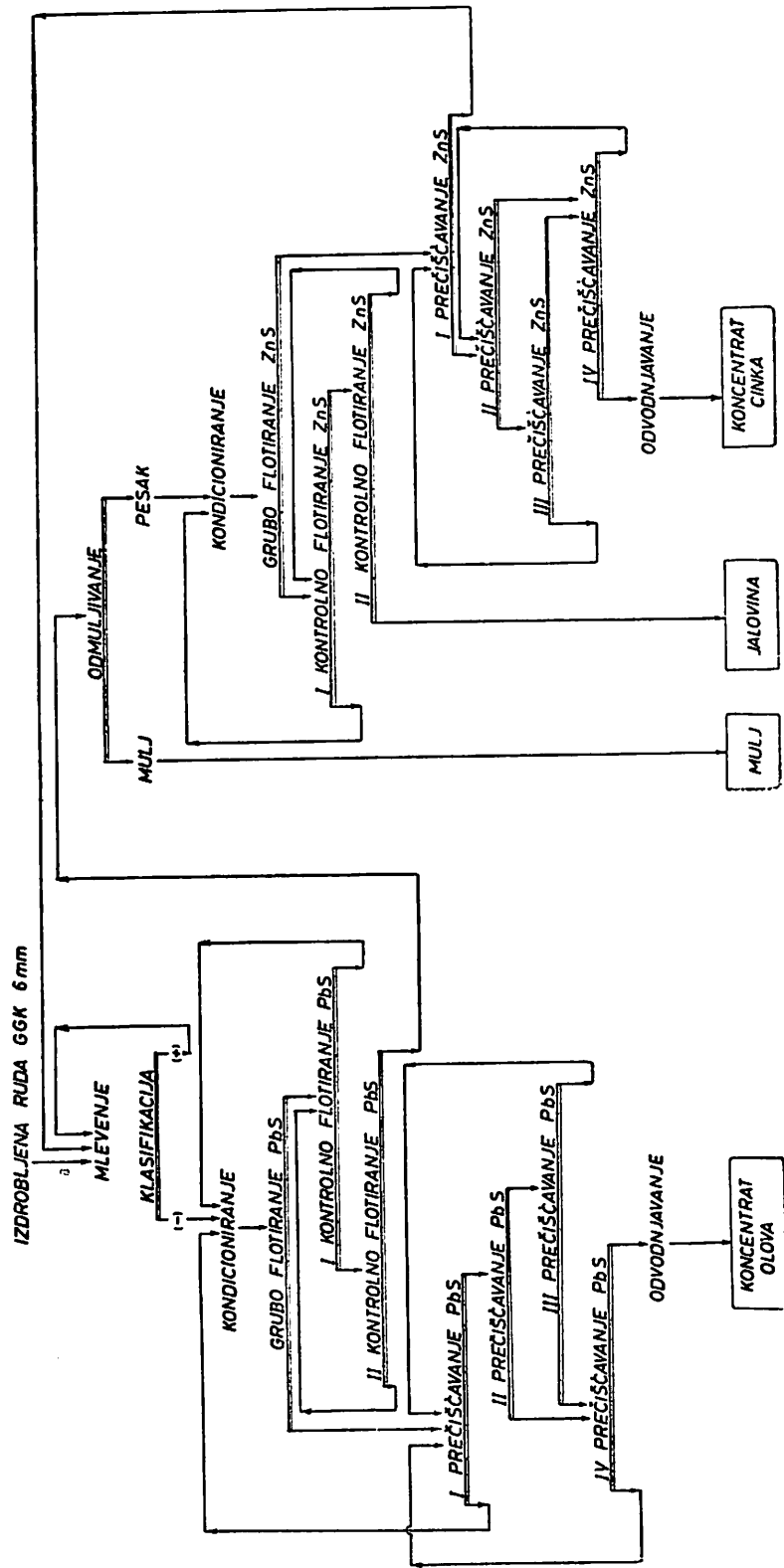
Iako se pri nešto nižim koncentracijama bakra sulfata postižu povoljnija iskorišćenja, ipak je potrebno imati nešto veću koncentraciju, jer je time omogućeno stvaranje kompleksa feri-kupri-hidroksida, koji depri-mira pirit i na taj način utiče na poboljšanje kvaliteta koncentrata cinka.

### Zaključak

Ruda predstavljena ispitivanim uzorkom rudnog zasipa ležišta Farbani Potok predstavlja relativno bogatu olovo-cinkovu rudu, sa veoma visokim sadržajem piritu i sa visokim udelom pseudokoloidnog mulja.

Glavna karakteristika ove rude je da u vodi daje neobično visoku koncentraciju rastvorljivih soli, posebno fero, cink i sulfat jone. Svi metalni joni, a posebno fero joni veoma nepovoljno utiču na selektivno flotiranje minerala olova i cinka.





Sl. 7 — Šema tehnološkog procesa selektivnog flotiranja olovo-cinkove rude kompozita rudnog tela br. 1 ležišta »Farbani Potok«.

Fig. 7 — Flowsheet of selective flotation of lead — zinc composite ore No. 1 »Farbani Potok«.

Radovima drugih autora dokazano je, s jedne strane, da fero joni aktiviraju pirit u uslovima flotiranja galenita i marmatita, dok s druge strane, isti joni reaguju sa jonima cijanida stvarajući komplekse ferocijanida, koji ne može hidrofilitirati površinu pirita, jer u pulpi ne postoji slobodan cijanid jon.

Osim toga, fero joni reaguju sa kolektorom, što dovodi do veoma visoke potrošnje kolektora, a s tim u vezi i do smanjenja i prestanka selektivnosti flotiranja.

Fero joni se mogu precipitirati delimično upotrebom kalcijumhidroksida, ali s obzirom na visoku koncentraciju fero jona potrebna je i veoma visoka koncentracija kalcijumhidroksida. Međutim, u prisustvu visoke koncentracije kalcijumhidroksida, stvara se hidratizirani kalcijumhidroksid koji zatvara i površinu galenita i sprečava njegovu hidrofobizaciju sa kolektorom.

Da bi se problem selektivnog flotiranja ove rude, zbog visoke koncentracije u prvom redu fero jona, uspešno rešio, potrebno je izvršiti prethodno odmuljivanje i odstranjenje jednog dela rastvorljivih soli ili izvršiti »kontrolnu oksidaciju« u cilju prevođenja fero jona u inertne feri jone.

Odmuljivanjem pulpe pre selektivnog flotiranja delimično se eliminiše negativan uticaj fero jona, ali u fazi odmuljivanja imamo izuzetno visoke gubitke korisnih metala, posebno galenita (15—20%), što dovodi u pitanje ekonomičnost ovog procesa.

Međutim, »kontrolnom oksidacijom« fero jona u feri jone može se delimično eliminirati negativan uticaj istih na flotiranje. Čak i dalje, dodatkom kuprisulfata možemo izvršiti kompleksiranje feri jona u kompleksni molekul feri-kupri-hidroksid, koji deluje deprimirajuće na pirit, kao hidrofilni koloidi, blokirajući površine pirita.

»Kontrolna oksidacija« površina pirita pomoću kalijumpermanganata ne počinje sve dotle, dok se u pulpi postojeći fero joni ne prevedu u feri joni. S obzirom na visoku

koncentraciju fero jona u pulpi za ovo prevođenje bilo bi potrebno u pulpu uvesti velike količine oksidansa, u našem slučaju kalijumpermanganata, što bi proces učinilo neselektivnim i neekonomičnim. Iz tog razloga vrši se prvo delimično precipitacija fero jona pomoću kalcijumhidroksida, a potom prevođenje fero jona u feri jone postupkom »kontrolne oksidacije«. Stvorenim feri jonima dovode se još određene koncentracije novih feri jona, koji se kompleksiraju kuprijonima u koloidne kompleksne feri-kuprihidroksid molekule, pomoću kojih se potom zajedno sa cijanid jonima vrši deprimiranje pirita.

Ako bi se minerali olova industrijski tretirali prema šemi datoj na sl. 7, onda bi se kod upotrebe optimalnih koncentracija reagensa:

kalcijumhidroksida	8.000 g/t
kalijumpermanganata	100 g/t
feriamonijumsulfata	1.500 g/t
kuprisulfata	100 g/t
natrijumcijanida	100 g/t
spelda 1334	100 g/t
kalijumamilksantata	100 g/t
borovog ulja	20 g/t

a uz oslobođenje minerala od 74,5% — 0,074 mm i u vremenu grubog i kontrolnog flotiranja od 30 min, mogli bi se očekivati koncentracije olova sa srednjim sadržajem od oko 65% Pb uz iskorišćenje olova u koncentratu od oko 70%.

Selektivno flotiranje minerala cinka se uopšte ne može izvršiti bez prethodnog odstranjenja najfinijeg koloidnog mulja. Naime, u prisustvu mulja ne dolazi do aktiviranja minerala cinka s jedne strane, a s obzirom na prirodu samih koloidnih čestica dolazi verovatno do zatvaranja površina marmatita, te na taj način ne dolazi ni do kolektiranja.

Za razmatranje mogućnosti flotiranja marmatita i sfalerita prisutnog u rudi, potrebno je, s obzirom na današnja naša saznanja, izvršiti odstranjenje koloidnog mulja.

Koncentracija OH jona je od posebnog značaja za uspešnu koncentraciju minerala cinka. Optimalni rezultati postižu se za vrednosti pH 11,0.

Joni bakra kao aktivator minerala cinka imaju neobično veliki uticaj na flotiranje istog. Veća koncentracija istih jona ima suprotan efekat, koji se ogleda u deprimiranju minerala cinka. Optimalna koncentracija kuprisulfata iznosi 750 g/t.

S obzirom na značajne gubitke cinka, kako kod odmuljivanja, tako i u samoj jalovini kao posledica prisustva velike količine koloidnog mulja, nameće se pitanje ispitivanja prirode mulja i iznalaženje rešenja mogućnosti neutralizacije istog, bez odmuljivanja.

Ako bi se minerali cinka industrijski tretirali prema šemi na sl. 7, onda bi se kod upotrebe optimalnih koncentracija reagensa:

kalijumhidroksida	2.500 g/t
kuprisulfata	750 g/t
kalijumamilksantata	200 g/t
borovog ulja	30 g/t

i vremena grubog i kontrolnog flotiranja od 50 min., mogli očekivati koncentracije cinka kvaliteta oko 48% Zn, uz iskorišćenje cinka u koncentratu od oko 65%.

Ukupan bilans koncentracije, za slučaj tretiranja rude kompozita rudnog tela br. 1, ležišta Farbani Potok, prema šemi na sl. 7, dat je u tablici 5.

Tablica 5

Proizvodi	Težina T%	Sadržaj		Raspodela	
		Pb%	Zn%	Pb%	Zn%
Ulaz	100,00	6,0	4,0	100,0	100,0
K/Pb	6,46	65,0	3,0	70,0	4,8
K/Zn	5,42	3,0	48,0	2,7	65,0
Jalovina	88,12	1,86	1,37	27,3	30,2

## SUMMARY

### Application of Treatment of Complexing and Control Oxidation for Pyrite Depressing in Selective Flotation of Sulphide Lead and Zinc Minerals of Farbani Potok Ore Body

Dr F. Šer, min. eng\*)

In the article entitled »Application of treatment of complexing and control oxidation for pyrite depressing in selective flotation of sulphide lead and zinc minerals of Farbani Potok ore body«, the author gives his original treatment for pyrite depressing, with complex molecules and by »control oxidation«.

Applying the classical treatment on lead-zinc ores containing 74% of pyrite, the author states it is impossible to obtain Pb-Zn selective concentrates. On the other hand, using his own treatment of »control oxidation« and making complex molecules, the author points out the possibility of getting 65% Pb in lead concentrate with lead recovery of 70%, cca 48% Zn in zinc concentrate and Zn recovery of cca 65%.

In the article there are some explanations referring to the elements that might effect pyrite depression.

\*) Dr ing. Filip Šer, naučni saradnik Zavoda za PMS Rudarskog instituta, Beograd.

### Literatura

- Jošić M., Draškić D., Šer F., 1966: Studija koncentracije rude olova i cinka Farbani Potok.
- Rey M., 1957: Differential Flotation of Lead-Zinc Ores. — Int. Mineral Dressing Congress, Stockholm.
- Šer F., 1961: Studija pripremanja i koncentracije olovo-cinkove rude ležišta Farbani Potok.
- Šer F., 1964: Proučavanje hidrofobizacije i hidrofilizacije pirita u selektivnoj flotaciji sulfidnih ruda. — Doktorska disertacija, Beograd.



# U prilog primeni elektronskog mikroskopa kod izučavanja pojave nerazdvajanja dva minerala po kontaktu u slučajevima relativno idealnog srastanja minerala

(sa 7 slika)

Dr ing. Radica Milosavljević

Poznato je da do oslobađanja jednog minerala iz rude u procesu usitnjavanja (drobljenjem i mlevenjem) dolazi svođenjem rude na krupnoću zrna manju od njegovih prirodnih veličina u rudi. Tom prilikom se dobija ju pored slobodnih zrna datog minerala i srasla zrna. Srasla zrna potiču mahom sa kontakta minerala i mogu da budu dvojna kao i višemineralna, u zavisnosti od sredine u kojoj se dati mineral nalazio.

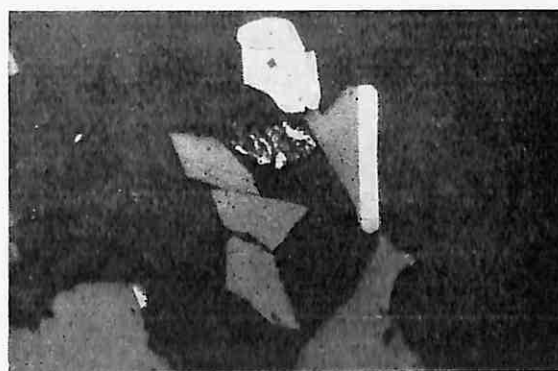
Prema hipotezi Gaudin-a, Kühn-a, Rewald-a i drugih istraživača, do obrazovanja sraslih zrna na kontaktima minerala dolazi u slučajevima kada je dati mineral srastao sa nekim drugim mineralom rude po blago zatalasanoj ili izlomljenoj ravni. U protivnom, tj. ako je srastanje minerala jednostavno, srastanje po ravnoj površini, u procesu usitnjavanja doći će do potpunog oslobađanja minerala iz određene mineralne sredine. Međutim, naša ispitivanja na olovo-cinkovoj rudi nisu potvrdila ovu hipotezu.

Ispitivanja su vršena na olovo-cinkovoj rudi iz ležišta Lece. Ruda je mlevena u mlinu sa šipkama, laboratorijskih dimenzija. Granulometrijski i hemijski sastav izmlevene rude dat je u tablici 1.

Tablica 1

## Granulometrijski i hemijski sastav rude

Klase krupnoće u mm	T%	Pb%	Raspodela Pb%	Zn%	Raspodela Zn%
+ 0,105	19,8	0,69	4,3	4,89	9,8
— 0,105 + 0,053	30,3	1,52	14,7	8,51	26,2
— 0,053 + 0	49,9	5,10	81,0	12,61	64,0
Ruda	100,0	3,14	100,0	9,84	100,0

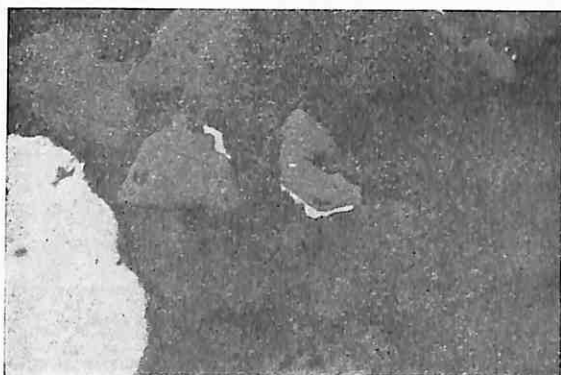


Sl. 1 — Dvojno srasla zrna, galenit (belo) i sfalerit (svetlo sivo). Prečnik zrna (d<sub>sr</sub> zrna) je 0,08, 0,06 i 0,04 mm. Odbijena svetlost, // N, uvećanje 250 puta.

Fig. 1 — Double coalescent grains, galenite (white) and sphalerite (pale grey). Grain diameters (average) are 0,08, 0,06 and 0,04 mm. Reflected light, // N, magnification 250 times.

Iz pojedinih klasa krupnoće rude napravljeni su preparati, a posle su ti minerali ispitivani pod rudnim mikroskopom.

Ispitivanjima pod mikroskopom je konstatovano da se u svim klasama krupnoće između ostalih zrna nalaze i dvojno srasla zrna u kojima su minerali srasli po ravnoj površini. Neki od primera su dati na sl. 1—3.



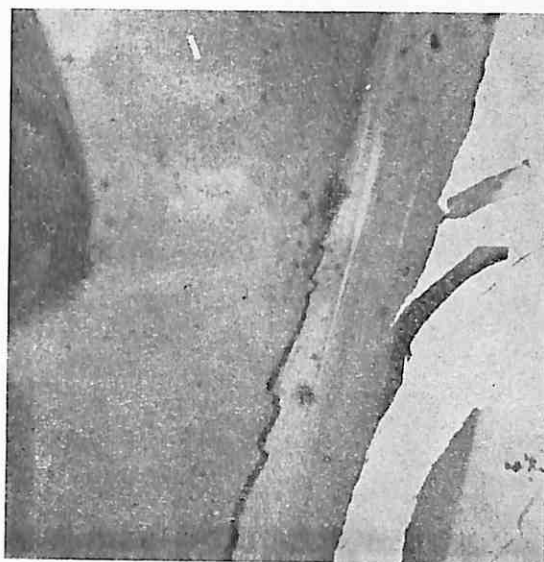
Sl. 2 — Dvojno srasla zrna, galenit (belo) i sfalerit (svetlo sivo). Prečnik zrna ( $d_{sr}$  zrna) je 0,08, 0,06 i 0,04 mm. Odbijena svetlost, // N, uvećanje 250 puta.

Fig. 2 — Double coalescent grains, galenite (white) and sphalerite (pale grey). Grain diameters (average) are 0,08, 0,06 and 0,04 mm. Reflected light, // N, magnification 250 times.



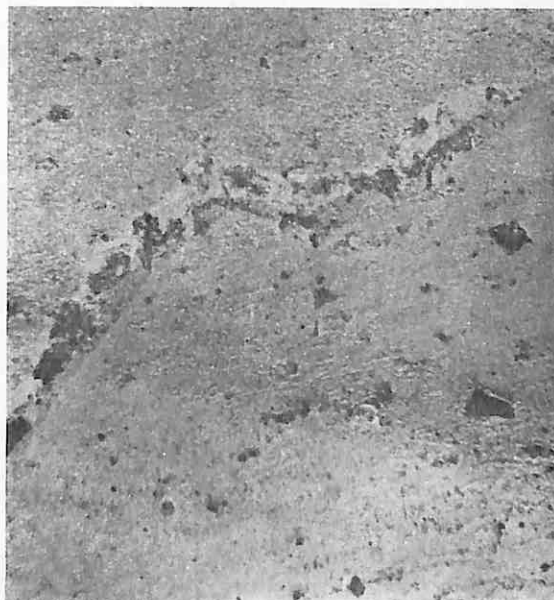
Sl. 3 — Dvojno srasla zrna, galenit (belo) i sfalerit (svetlo sivo). Prečnik zrna ( $d_{sr}$  zrna) je 0,08, 0,06 i 0,04 mm. Odbijena svetlost, // N, uvećanje 250 puta.

Fig. 3 — Double coalescent grains, galenite (white) and sphalerite (pale grey). Grain diameters (average) are 0,08, 0,06 and 0,04 mm. Reflected light, // N, magnification 250 times.



Sl. 4 — Kontakt između galenita i kvarca; otisak uzet sa rudnog preparata; uvećanje 4500 puta.

Fig. 4 — Contact between galenite and quartz. Replica taken from the polished section; magnification 4.500 times.



Sl. 5 — Kontakt između sfalerita i kalcita; otisak uzet sa rudnog preparata; uvećanje 9000 puta.

Fig. 5 — Contact between sphalerite and calcite; replica taken from the polished section; magnification 9.000 times.

Iz datih primera se vidi da je kontakt između galenita i sfalerita u dvojno sraslim zrnima ravan. Međutim detaljnijim ispitivanjem kontakta minerala kod ovih dvojno sraslih zrna, pod elektronskim mikroskopom, dobila se sasvim druga slika. Naime, utvrđeno je da je srastanje minerala u ovim zrnima u suštini veoma složeno (vidi sl. 4—7).

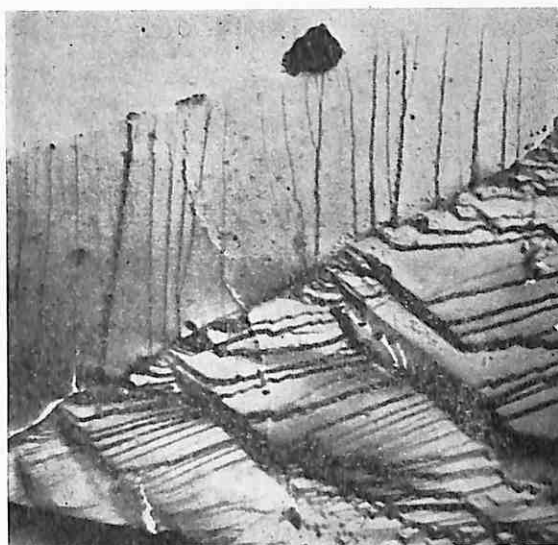


Sl. 6 — Kontakt između sfalerita i kalcita; otisak uzet sa rudnog preparata; uvećanje 12000 puta.

Fig. 6 — Contact between sphalerite and calcite; replica taken from the polished section; magnification 12.000 times.

Na osnovu podataka, dobivenih primenom elektronskog mikroskopa, konstatovano je da minerali u dvojno sraslim zrnima srastaju po izlomljenoj ravni sa neravninama submikronskih razmera.

Napominjemo, da rešavanje ovako jednog složenog problema zahteva kompleksnu primenu mnogih mineraloških metoda ispitivanja i eventualno uvođenje novih, do sada neprimenjivanih. Međutim, u ispitivanja treba neminovno uključiti i elektronski mikroskop.



Sl. 7 — Kontakt između galenita i sfalerita; otisak uzet sa komada; uvećanje 9000 puta.

Fig. 7 — Contact between galenite and sphalerite. Replica taken from the unpolished surface, magnification 9.000 times.

#### SUMMARY

#### In Addition to the Use of Electronic Microscope for the Study of non Separation in Contact of two Relatively Ideal Intergrown Minerals

Dr R. Milosavljević, min. eng.\*)

The author discusses the hypothesis of Gaudin, Kühn, Rewald and others, who have stated that the formation of locked particles which two phases join each other with rectilinear or gently curving boundaries can be freed readily by regrinding. The

Dr ing. Radica Milosavljević, predavač na Rudarsko-geološkom fakultetu, Beograd.

author stated that in this case liberation of phases cannot be achieved because the boundaries are not rectilinear but rather intergrown and so it is very complex and of submicroscopic dimensions that can be seen from joint pictures taken by electronic microscope.





# Mikrobiološko luženje bakra uz primenu površinski aktivnog agensa

(sa 4 slike)

Dipl. biol. Darinka Marjanović — dr ing. Dušan Salatić

## Uvod

Potrošnja bakra u svetu raste iz godine u godinu. Rezerve bakrene rude, intenzivnim istražnim radovima, postaju veće, ali sa sve nižim sadržajem bakra. Danas se eksploatišu bakarne rude i sa svega 0,5% Cu, dok je do nedavno iz postrojenja za obogaćivanje ruda odlazilo u jalovinu i do 0,5% bakra. U našoj zemlji postoje znatna jalovišta sa 0,3 do 0,5% bakra. Osim toga poznata su veća nalazišta siromašne bakarne rude u Srbiji i Makedoniji, koja sadrže ispod 0,5% bakra. Danas se postavlja pitanje aktiviranja kako ovih siromašnih ležišta tako i jalovišta. Postupci za korišćenje bakra iz ovih ležišta ili su nedovoljno istraženi sa tehnološke tačke gledišta, ili iako je tehnološki problem rešen on je veoma skup.

Smatra se da bi jedan od jeftinijih postupaka za iskorišćenje ovog bakra bio postupak mikrobiološkog luženja (Zim m e r l e y i dr., 1958.). Radovi na iznalaženju mogućnosti primene mikrobiološkog luženja u mnogim rudnicima bakra zadnjih godina poprimaju velike razmere. Postignuti su značajni rezultati u fundamentalnim istraživanjima, a neka od njih su primenjena i u praktičnim ispitivanjima. Tako je izdvajanje metala iz ruda upotrebom bakterija našlo svoju primenu u rudarstvu.

Ova nova metoda (Bryner, Anderson, 1957) obrade prvenstveno siroma-

šnih ruda, uslovljena je načinom života od ređenih hemotrofnih bakterija, u prvom redu *Thiobacillus ferrooxidans* (Temple, Colmer, 1951) i *Thiobacillus thiooxidans* (Waksmann, Joffe, 1922).

Oksidacijom ferosulfata do feri oblika, kao i sumpora do sumporne kiseline, ovi mikroorganizmi dovode do stvaranja produkata koji se koriste za tretiranje minerala u cilju izdvajanja metala. Nedavno je dokazano da *Thiobacillus thiooxidans* luči i jedan površinski aktivan agens, koji kvasi površine sumpora da bi se brže oksidisale (Chaeffer, Umbreit, 1963). Time se stvara intimniji kontakt između bakterija i mineralnih površina, što ima za posledicu ubrzanja procesa oksidacije odnosno luženja.

Biološka oksidacija nekih elemenata, neorganskih jedinjenja, kao i nekih minerala je relativno brz proces. U prisustvu *Thiobacillus ferrooxidans* oksidacija određene količine ferosulfata traje tri dana, dok ista traje dve godine u uslovima atmosferske oksidacije.

Mikrobiološko luženje ruda molibdena, bakra mangana, urana (Bryner, Anderson, 1957; Ivanov, Nagirnjak, 1962; Perkins, Novielli, 1958 Miller, i dr., 1963) najviše je proučavano u vazдушnim perkolatorima, Warburg-ovom respirometru (Beck, 1960) i stacioniranim bocama za luženje (Razzell, Trussell, 1963). U svim

slučajevima postižu se optimalni uslovi za luženje, izuzev aeracije (Duncan i dr., 1963).

Ispitivanja su pokazala da je metod luženja u Erlenmajerovim bocama sa treskanjem aparature vrlo praktičan, jer obezbeđuje brzu aeraciju i sve uslove za optimalno luženje izuzev mogućnosti za potrebom krajnjeg kontakta između zrna rude i bakterija. Međutim, ako *Thiobacillus ferrooxidans* napada direktno kristale sulfidnih minerala stepen luženja može biti povećan intimnim kontaktom organizama i površine minerala. Pokazano je da se stepen oksidacije sumpora od strane *Thiobacillus thiooxidans* u tečnoj hranljivoj podlozi povećava primenom metode treskanja probe u kojima se mineral tretira površinski aktivnim agensima (Starkley, i dr., 1956), koji obezbeđuju prisniju vezu mikroorganizama i minerala. Na taj način se postižu optimalni uslovi za mikrobiološko luženje, čiji efekat, pored aeracije i kontakta organizama sa mineralom, zavisi i od: veličine čestica, pH, temperature, inokuluma, brzine proticanja rastvora i dr. (Miller i dr., 1963; Marjanović, D., 1963).

U ovom radu iznose se neka ispitivanja mikrobiološkog luženja halkopirita i kovelina iz borskog rudnika pomoću *Thiobacillus ferrooxidans* i *Thiobacillus thiooxidans*, primenom metoda treskanja probe u prisustvu površinski aktivnog agensa. Primenjeni su optimalni uslovi za mikrobiološko luženje sulfida ovim postupkom te iste predlažemo kao novinu u našem radu.

### Materijal i metodika rada

Iz rudnika bakra Bor doneti su uzorci minerala halkopirita i kovelina. Pažljivim ručnim usitnjavanjem i odabiranjem izdvojeni su relativno čisti minerali, zatim usitnjeni do finoće 100% minus 325 meš (0,044 mm). Hemijske analize srednjih uzoraka pojedinačnih minerala dale su sledeće rezultate:

halkopirit (CuFe S <sub>2</sub> )	98,10%
od toga	
Cu	33,50%
Fe	34,45%
S	30,15%
kovelin (CuS)	89,54%
od toga	
Cu	59,50%
S	30,04%

Minerali samleveni na 325 meša u količini od 2 i 5 g, unošeni u Erlenmajerove kolbe zapre-

mine 300 ml. Tečne faze ogleđa mikrobiološkog luženja u prisustvu površinski aktivnog agensa, bile su hranljive podloge za bakterije. Iz podloga su izostavljeni elementi karakteristični kao izvor energije za odgovarajuće bakterije (sumpor kod *Thiobacillus thiooxidans* i gvožđe kod *Thiobacillus ferrooxidans*) i tako ovi mikroorganizmi bili upućeni na korišćenje sumpora i gvožđa iz minerala. Za oglede sa halkopiritom upotrebljena je podloga 9 K (Corrick, Sutton, 1961); bez gvožđa, za oglede sa kovelinom hranljiva podloga Waksmana, poznata pod oznakom »podloga I« (Corrick, Sutton, 1961) bez sumpora. U svim ogledima podloge su podešene na pH 2,5.

U Erlenmajerove kolbe sa po 2 g minerala uneto je po 75 ml hranljive podloge, a za oglede sa 5 g po 188 ml podloge. Kulture bakterija korišćene u ovim ispitivanjima izolovali smo iz kiselih rudničkih voda rudnika bakra i iz jamskih voda uranovih rudnih ležišta. Za halkopirit je korišćena mešavina kultura *Thiobacillus ferrooxidans* i *Thiobacillus thiooxidans*, za kovelin — *Thiobacillus thiooxidans*, čija je starost bila nedelju dana. Priprema kultura bakterija za zasejavanje ogleđa izvršena je postupkom pripremanja suspenzije bakterija i dobijanja preparata čiste kulture, pomoću Whatman filtera br. 1 i centrifugiranja filtrata hranljive podloge sa odgovarajućom kulturom.

Uticaj površinski aktivnog agensa ispitivan je upotrebom Tween-a 20 u koncentraciji 0,001% i 0,0004% u odnosu na zapreminu hranljive podloge. Biološko luženje u prisustvu površinski aktivnog agensa poređeno je sa hemijskim luženjem proba bez bakterija sa i bez agensa, u svakoj varijanti tretiranja minerala.

Aeracija je izvođena vazduhom koji je pored snabdevanja bakterija kiseonikom i ugljen-dioksidom vršio i mešanje rastvora doprinoseći boljem kontaktu mikroorganizama i zrna minerala. Mešanje u Erlenmajerima pojačavano je i povremenim ručnim treskanjem boca na svakih 15—20 minuta tokom dana.

Posle 1, 7, 14 i 28 dana trajanja ogleđa izvođene su hemijske analize na bakar u rastvoru.

Temperatura na kojoj su se ogleđi odvijali iznosila je oko 26—30° C, što odgovara optimalnoj temperaturi razvića bakterija korišćenih u ispitivanjima.

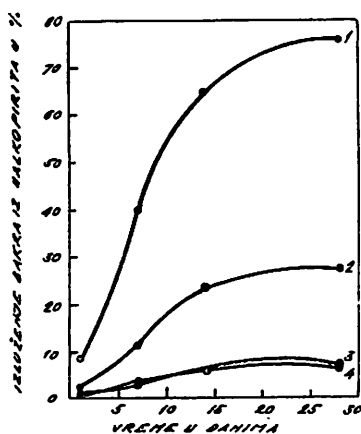
Rezultati postignuti tokom ovih ispitivanja dati su u tablici 1, kao i na slikama 1, 2, 3 i 4.

## Diskusija rezultata

Iz tablice 1 se jasno uočava da se mikrobiološko luženje bakra iz halkopirata znatno brže odvija pri dodavanju malih količina površinski aktivnog agensa, u našem slučaju Tween-a 20. Međutim, dodavanje Tween-a 20 pri mikrobiološkom luženju bakra iz kovelina nema isti efekat. Ovo potvrđuje ranije navedenu konstataciju (Schaeffer, Umbreit, 1963) da *Thiobacillus thiooxidans* proizvodi površinski aktivan agens, koji kvasi sumpor da bi se oksidavao. Zbog toga je i samo izluženje bakra iz kovelina približno iste veličine i sa i bez dodatka

Tween-a 20. Ovo je uočljivije prikazano grafički na sl. 2.

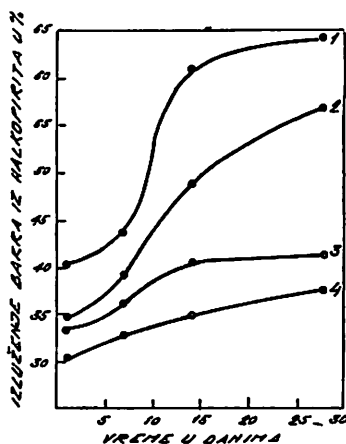
Na slici 1 vidi se da Tween 20 ima pozitivno dejstvo na izluženje bakra iz halkopirita samo onda ako se dodaje zajedno sa bakterijama. Krive iskorišćenja 3 i 4 pokazuju izluženje bakra pri čisto hemijskom luženju bez agensa (kriva 4) i sa agensom (kriva 3). Razlike su minimalne i pokazuju da agens nema direktno dejstvo na izluženje bakra. Ovo se potvrđuje i krivama 3 i 4 na slici 2, premda je ovde nešto veće izluženje iz probe gde je dodavan agens. Međutim, kako je i samo početno izluženje posle jednog dana veće za istu vrednost kao i po-



Sl. 1 — Dejstvo tween-a na luženje bakra iz halkopirita:  
1 — bakterije i tween; 3 — samo twen;  
2 — samo bakterije; 4 — sterilna proba

Fig. 1 — Effect of Tween to the leaching of copper from chalcopyrite

1 — Bacteria and Tween; 3 — Only Tween;  
2 — Only bacteria; 4 — Sterile sample



Sl. 2 — Dejstvo tween-a na luženje bakra iz kovelina:  
1 — bakterije i tween; 3 — samo tween;  
2 — samo bakterije; 4 — sterilna proba

Fig. 2 — Effect of Tween to the leaching of copper from coveline

1 — Bacteria and Tween; 3 — Only Tween;  
2 — Only bacteria; 4 — Sterile sample

Uticaj koncentracije Tween-a 20 na mikrobiološko izluženje bakra iz halkopirita i kovelina i odnos Tween 20: količina minerala

Tablica 1

Mineral	T g	Koncentracija %	Izluženje bakra u %			
			1 dan	7 dana	14 dana	28 dana
Halkopirit	2	—	2,06	10,60	23,67	27,05
Halkopirit	2	0,001	8,16	39,52	65,31	76,06
Halkopirit	5	—	1,58	14,85	22,52	31,58
Halkopirit	5	0,0004	2,02	16,10	24,78	31,41
Kovelin	2	—	34,23	39,17	48,35	56,59
Kovelin	2	0,001	40,06	43,52	61,22	64,28

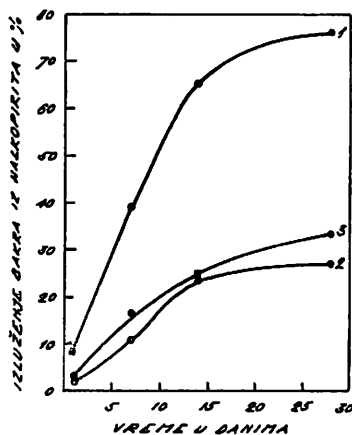
sle 28 dana, to se to povećanje izluženja ne može pripisati dejstvu Tween-a 20. Krive iskorišćenja 1, 2 na slici 1 predstavljaju mikrobiološko izluženje bakra iz halkopirita izraženo u procentima. Ovde je očito poboljšanje izluženja u radu sa kombinovanim dodavanjem bakterija i agensa. Kriva 1 prikazuje izluženje sa kombinovanim dodavanjem, a kriva 2 izluženje bakra samo sa bakterijama. Posle 28 dana luženja sa bakterijama izluženje bakra je za skoro 3 puta manje nego kombinovanim postupkom: bakterije + agens.

Eksperimentalno je dokazano da je za efikasno izluženje bakra bitan odnos koncentracije

omogućuje intimniji kontakt između bakterija i mineralnih površina. Ovakav kontakt ima za posledicu znatno više izluženje bakra.

### Zaključak

Mikroorganizmi imaju veliku budućnost primene u tretiranju siromašnih bakarnih i drugih ruda, u cilju brzog izluženja metala. Naši eksperimenti su pokazali da mikrobiološko luženje ubrzava izluženje bakra u odnosu na hemijsko i do 4 puta (krive 2 i 4 na slici 1).



Sl. 3 — Dejstvo koncentracije tweena na mikrobiološko luženje bakra

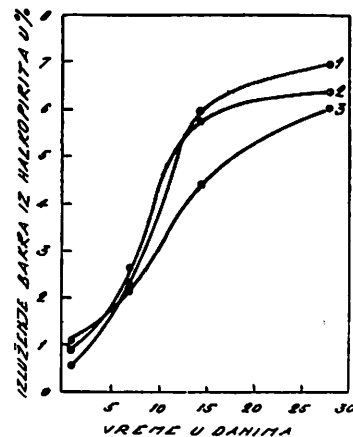
1 — koncentracija 0,001%; 2 — bez tween-a;  
3 — koncentracija 0,0004%

Fig. 3 — Effect of concentration of the Tween to the microbiological leaching of copper

1 — Conc. 0,001%; 2 — Without Tween;  
3 — Conc. 0,0004%

agensa prema količini minerala. To je potvrđeno i našim opitima (slika 3) gde je pri koncentraciji od 0,001% agensa u podlozi dobiveno skoro 3 puta veće izluženje bakra nego kod koncentracije 0,0004%. Zapravo poslednja koncentracija nije dala ništa veće izluženje nego li rad bez dodavanja agensa (krive 2 i 3 na slici 3).

Na slici 4 pri uvećanoj razmeri izluženja prikazan je uticaj agensa i njegove koncentracije na hemijsko izluženje bakra iz halkopirita. Kao što se vidi, površinski aktivan agens (Tween-20) ne utiče na hemijsko izluženje bakra, već samo svojom sposobnošću da kvasi mineralne površine, a time i da oksidiše mineralne površine,



Sl. 4 — Dejstvo koncentracije tween-a na hemijsko luženje bakra

1 — koncentracija 0,001%; 2 — bez tween-a;  
3 — koncentracija 0,0004%

Fig. 4 — Effect of concentration of the Tween to the chemical leaching of copper

1 — Conc. 0,001%; 2 — Without Tween;  
3 — Conc. 0,0004%

Dodavanje površinski aktivnog agensa (Tweena-20) u mikrobiološko luženje ubrzava proces izluženja bakra skoro tri puta (krive 1 i 3 na slici 1).

Površinski aktivni agens dodavan u sterilnu probu ne daje nikakvo ubrzanje izluženja bakra (krive 1, 2 i 3 na slici 4).

Dodavanje površinski aktivnog agensa kod mikrobiološkog luženja bakra iz kovelina sa *Thiobacillus thiooxidans* ne ubrzava osetnije izluženje bakra. Uzrok tome treba tražiti u tome što i *Thiobacillus thiooxidans* proizvodi neku vrstu površinski aktivnog agensa. Time se ubr-

zava izluženje bakra, jer bakterije stupaju u intimniji kontakt sa površinom minerala (krive 1 i 2 na slici 2). Dodavanje površinski aktivnog agensa kod mikrobiološkog luženja iz halkopirita sa mešanim kulturama *Thiobacillus ferrooxidans* i *Thiobacillus thiooxidans* znatno ubrzava izluženje bakra. Uzrok tome je da pored toga što *Thiobacillus thiooxidans* proizvodi površinski aktivan agens i ubrzava oksidaciju sumpora

i dodatni agens oksidiše gvožđe te time omogućuje direktan, znatno intimniji kontakt između mikroorganizama i mineralnih površina.

Važnu ulogu ima odnos koncentracije površinski aktivnog agensa prema količini minerala. Za efikasno luženje neophodno je pronaći optimalan odnos. U našem slučaju to je bila koncentracija od 0,001% Tweena (krive 1 i 3 na slici 3).

## SUMMARY

### Microbiological Leaching of Copper by the Application of the Surface Active Agens

Dipl. biol. D. Marjanović — dr. D. Salatić, min. eng.\*)

In this study authors discuss how it is possible to accelerate a process of the microbiological leaching of copper minerals using of the surface active agens, which make wet surfaces of minerals, and make it more suitable for oxidation. Beside that, it make possible more intimate contact between microorganisms and surfaces of minerals. Periodical shaking of the samples make faster oxidation of minerals. By this method of work it is achieved nearly three times more recovery of copper in the process of leaching of minerals, than by microbiological leaching without surface active agens.

## Literatura

- Beck, J. V., 1960: A Ferrous Ion-oxidizing Bacterium. I. Isolation and some General Physiological Characteristics. — J. Bacteriol. 79, 502—509.
- Bryner, L. C., Anderson, R., 1957: Microorganisms in Leaching sulfide Minerals. — Ind. Eng. Chem. 49, 10, 1721—1724.
- Corrick, J. D., Sutton, J. A., 1961: Three chemosynthetic Autotrophic Bacteria Important to Leaching Operations at Arizona Copper Mines. — Bureau of Mines Rept. of investigations 5718.
- Duncan, D. W., Trussell, P. C., Walden, C. C., 1963: Leaching of Chalcopyrite with *Thiobacillus ferrooxidans*: Effect of Surfactants and Shaking. — Appl. Microbiol., 12, 2, 122—126.
- Ivanov, M. V., Nagirnjak, F. I., 1962: Intensifikacija vješćelačivanja medno—sulfidnih mineralov tionovymi bakterijami. — Cvetnye metally, 35, 8, 30—36.
- Marjanović, D., 1963: Prilog mogućnosti izluživanja urana bakterijama. — Izveštaj za SKNE, Beograd.
- Miller, R., Napier, E., Wells, R., 1963: Natural Leaching of Uranium Ores. — Bull. Inst. Min Metall., 647, 72, 4, 217—254.
- Perkins, E. C., Novelli, F., 1958: Bacterial Leaching of Manganese Ores. — Min. Congr. Jour. 72—73.
- Razzell, W. E., Trussell P. C., 1963: Microbiological Leaching of Metallic Sulfides. — Appl. Microbiol., 11, 105—110.

\*) Dipl. biol. Darinka Marjanović, dr ing. Dušan Salatić, Rudarsko-geološki fakultet, Bgd.

- Starkey, R. L., Jones, G. E. Frederick, L. R., 1956: Effects of Medium Agitation and wetting Agent in Oxidation of Sulphur by *Thiobacillus thiooxidans*. — *J. Gen. Microbiol.* 9, 491—496.
- Temple, K. L., Colmer, A. R., 1951: The autotrophic Oxidation of Iron by a new Bacterium — *T. ferrooxidans*. — *J. Bact.* 62, 605—611.
- Schaeffer, W. I., Umbreit, W. W., 1963: Phosphatidylinositol as a wetting Agent in Sulphur Oxidation by *Thiobacillus thiooxidans*. — *J. Bacteriol.* 85, 492—493.
- Waksman, S. A., Joffe, J. S., 1922: Microorganisms Concerned in the Oxidation of Sulphur in the Soil. — II. *Thiobacillus thiooxidans*, a new Sulphur — Oxidizing Organism. — *J. Bact.* 7, 239—256.
- Zimmerley, Wilson, D. G., Prater, J. D., 1958: How bacteria Leaches Low — Grade Ores. — *Eng. and Min. Journal*, 89—91.



## Beskontaktno upravljanje pomoćnim strujnim kolima za automatiku vodocrpnih stanica u rudnicima

(sa 1 slikom)

Dipl. ing. Ljubisav Petrović

Uobičajeno je da se pri uvođenju automatike u izvestan proces definiše zadatak i zabranog sistema. Ova forma se neće ni sada mimoći. Zato definišemo rad jednog relativno prostog sistema za beskontaktno upravljanje elektromotorom, odnosno crpkama u vodosabirnim stanicama rudničkih postrojenja. Pri ovom se vodilo računa da pri realizovanju ovog sistema mogu da se koriste pretežno elementi domaće proizvodnje. To su poluprovodničke diode fabrikacije Eİ-Niš, kao i feriti proizvodnje »Iskra«-Kranj.

Zadatak ovog uređaja je:

— automatsko puštanje u rad elektromotora u zavisnosti od nivoa vode u vodosabirniku,

— automatsko uključivanje u rad rezervne crpke, tj. elektromotora ukoliko prva crpka nije normalno povukla vodu,

— automatsko isključivanje crpke, odnosno elektromotora, ukoliko je nivo vode u vodosabirniku ispod donjeg nivoa,

— automatsko aktiviranje alarmnog uređaja ukoliko voda u vodosabirniku dođe do kritičnog nivoa.

Uvođenje beskontaktnih logičkih elemenata na mesto kontaktnih (relejnih) za isti definisan rad automatskog uređaja ne zahteva posebne funkcionalne izmene električne šeme. Naime, i u jednom i u drugom slu-

čaju funkcionalnost pojedinih blokova ostaje ista, samo što se definisani zadaci u jednom slučaju realizuju pomoću poluprovodničkih i feritnih elemenata, a u drugom pomoću releja. Jedna varijanta kontaktnog rešenja već je izložena\*), zato se neće detaljno opisati rad električne šeme, osim onih detalja koji direktno objašnjavaju ulogu pojedinih beskontaktnih blokova.

Sada se može postaviti i jedno pitanje. Zašto uvoditi kola sa beskontaktnim elementima, kada su već razrađene i praktično primenjivane električne šeme sa kontaktnim (relejnim) rešenjem, s obzirom da se osnovna funkcionalnost ne menja? Odgovor je kratak. Zato što je upotreba beskontaktnih logičkih elemenata bezbednija, pouzdanija, ekonomičnija i tehnički podesnija, s obzirom na niz okolnosti koje su već objašnjene\*\*).

Na sl. 1 prikazana je funkcionalna blok šema električnog kola za beskontaktno rešenje automatskog rada vodocrpne stanice prema već definisanim zadacima. Uz pomoć sl. 1 može se ukratko prikazati rad po ovoj šemi:

\*) Dipl. ing. Lj. Petronić: Kontaktno rešenje za automatiku vodocrpnih stanica u rudniku Poljana. — »Rud. glasnik« br. 2/65.

\*\*\*) Dipl. ing. Lj. Petronić: Elementi beskontaktnih logičkih kola u automatici rudarskih postrojenja. — »Rud. glasnik« br. 4/65.

— Izbor elektromotora koji se nalazi u redovnom i rezervnom radnom režimu je potpuno proizvoljan; neka to bude elektromotor odnosno njegovo komandno kolo sa oznakom 1, a kolo sa oznakom 2 neka bude u rezervi.

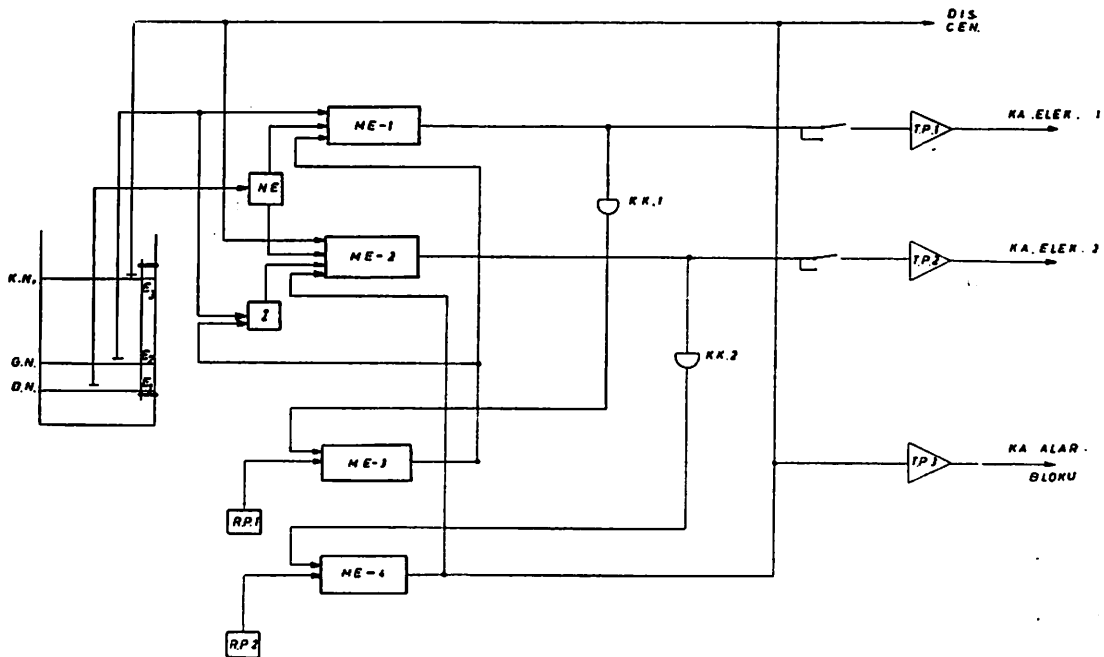
— Kada je nivo vode u vodosabirniku na visini donjeg nivoa (DN) aktivira se elektroda donjeg nivoa ( $E_1$ ), tako da se prvo uključuje logičko kolo NE; na taj način stavljene su u pripremi rad memorije ME-1 i ME-2.

— Ukoliko je priliv vode takav da je slobodni nivo došao do gornjeg nivoa (GN) i aktivirao elektrodu ( $E_2$ ) doći će do pojave

— Ovaj signal, koji dolazi pojačan iz tranzistorskog pojačivača, ima za cilj da aktivira upuštač elektromotora 1, odnosno prva crpka se pušta u rad.

— Signal koji dolazi u kolo za kašnjenje (KK-1) ima ulogu vremenske kontrole releja proizvodnosti (RP-1).

— Releji proizvodnosti (RP-1) i kolo za kašnjenje (KK-1) imaju delimično koincidentne uloge koje mogu da se razlože u dve sledeće tačke: prva — ako crpka normalno povuče vodu, uključuje se relej proizvodnosti (RP-1), a ovaj tada daje signal, koji odlazi u kolo za blokiranje memorije (ME-3), zatim posle fiksnog vremena (oko 20 se-



Sl. 1 — Funkcionalna električna šema.

Fig. 1 — Principal electric circuit.

novog električnog signala, koji se raspoređuje i odlazi u dva različita bloka; jedan signal odlazi u logičko I-kolo, a drugi u memoriju ME-1; signal koji odlazi u I-kolo vrši samo pripremu za rad memorije ME-2, ali se dalje ne prenosi; međutim, signal iz memorije ME-1 raspoređuje se u druga dva sledeća bloka: to su kolo za kašnjenje (KK-1) i u tranzistorski pojačivač (TP-1).

kundi) od trenutka upuštanja crpke u rad, odnosno aktiviranja kola za kašnjenje, ne dolazi do uključivanja memorije (ME-3), i crpka odnosno elektromotor 1, koji je već pušten u rad, sada prima informaciju (od releja proizvodnosti RP-1) da je ušao u normalan rad; druga — ukoliko crpka u toku fiksnog vremena (oko 20 sekundi) ne uđe u normalan rad, tj. ne razvije svoju nor-



malnu proizvodnost (zato što nije primljen signal iz releja proizvodnosti RP-1) tako da samo dolazi signal iz kola za vremensko kašnjenje, pomoću njega se uključuje memorija ME-3.

— Uključivanjem memorije ME-3 isključuje se iz daljeg rada memorija ME-1 koja dalje isključuje upuštač, odnosno elektromotor prve crpke, ali se zato pobuđuje logičko I-kolo; uloga ovog I-kola je da uključi memoriju ME-2, odakle se upućuje signal u tranzistorski pojačivač (TP-2); ovaj pojačan signal aktivira upuštač rezervnog elektromotora; na taj način rezervna crpka je puštena u rad.

— Ukoliko crpka normalno vuče vodu iz vodosabirnika, tako da se nivo vode u njoj snižava, i kada ovaj dođe do elektrode ( $E_1$ ), prekida se signal koji dolazi iz ovog davača, tako da se kroz kolo NE prenosi signal kojim se vrši blokada memorija ME-1 i ME-2.

— Ukoliko nivo vode u vodosabirniku i dalje raste, što znači da crpka nije sposobna da savlada priliv vode, tako da dođe do

kritičnog nivoa, aktivira se elektroda  $E_3$  i ova daje signal za pobuđivanje bilo alarmnog uređaja, bilo da se šalje u dispečerski centar, gde obaveštava dežurno ljudstvo da je voda u vodosabirniku na nivou katastrofalnih posledica.

— Uloga memorije ME-4 identična je ulogi memorije ME-3, a relej proizvodnosti (RP-2) ima sličnu ulogu, koju ima relej proizvodnosti (RP-1).

### Zaključak

Upoređujući pojedine blokove ili kola u celini za kontaktno i beskontaktno rešenje pomoćnih strujnih krugova, nameće se logičan zaključak da su beskontaktna kola tehnički podesnija i ekonomičnija od kontaktnih kola. Osim toga i statistički podaci objavljeni u svetu ukazuju na sve veću i širu primenu beskontaktnih logičnih kola ne samo u automatici rudničkih postrojenja, već i u procesnoj automatici u celini.

### SUMMARY

#### Contactless Solution in Automation of Water-pump Stations in Mines

Lj. Petrović, elec. eng.\*)

The article deals in brief a new solution for automatic water-pump stations in mines. The solution consists in use of two electric motors. This system was developed in Institute of Mines — Zemun, in division for automation. All half — conductors and ferrit elements which are involved in the above-said solution are manufactured in SFRJ (Yugoslavia).

### Literatura

Avljosenko, G. Ju., Kovalevskij M. M. 1963: Avtomatizacija šahtnyh ustanovok, Kijev.

Bašarin, V. A., Golubev, N. F., 1964: Primery roščetov avtomatizirovannogo elektroprivoda, Moskva.

Melkumov G. L., 1964: Spravočnik po avtomatizaciji šaht i rudnikov, Moskva

\*) Dipl. ing. Ljubisav Petrović, stručni saradnik Zavoda za projektovanje i konstruisanje Rudarskog instituta — Beograd.

## Strani stručnjaci u rudarstvu Srbije

(I deo)

(sa 5 slika)

Dr Vasilije Simić

U obnavljanju i podizanju rudarstva u Srbiji, od prvog ustanka pa do polovine ovog veka, inostrani rudarski stručnjaci odigrali su veoma značajnu ulogu. Po njihovom predlogu počeli su prvi rudarski radovi u Srbiji. Oni su izgradili i najveće rudarske objekte u zemlji bilo za račun države ili privatnog kapitala. Osim toga, strani stručnjaci bili su saradnici na državnim rudnicima a organizovali su i prvu rudarsku službu u Srbiji.

Stranci rudari pojavili su se prvi put za vreme prvog ustanka 1807. godine. Od tada više nisu napuštali Srbiju sve do pedesetih godina našega veka, kad su se i poslednji povukli. Izvestan broj stranaca, uglavnom rudarskih radnika, ostao je u zemlji i naturalizovao se. Prema tome na razvoj našeg savremenog rudarstva strani rudari uticali su čitavih 150 godina.

Prvi rudari došli su iz Banata, što je i sasvim razumljivo kad se ima na umu, da se Nova Moldava, značajno rudarsko mesto, nalazi na drugoj obali Dunava prema Braničevu. Iz jedne vesti saznaje se da su 1807. godine iz Banata »jedan topioničar, jedan u probanju prilično vešt tucač proba i jedan u obrazovanju topioničarskih zadrugara i iskusan podgrađivač jame iz Orovice, zatim dva topioničara iz Moldave prešli u Srbiju«.

A. Bue je zabeležio, da je za vreme prvog ustanka neki rudar iz Banata nasilno prebačen u Srbiju. Iz izveštaja graničarske komande od 1808. godine saznaje se »da je

Garmaher Tolenc iz moldavskog rudnika, u noći između 18. i 19. oktobra ove (1808) godine silom odveden iz preduzeća od strane pet prurušenih Srbijanaca, i da je između ovostranih graničara i Srbijanaca postojao dogovor koji se odnosio na odvođenje tamošnjeg rudarskog činovnika«. Prema tome Garmaher je prvi inostrani rudarski stručnjak u obnovljenom rudarstvu Srbije.

Neki od banatskih rudara, zaposlenih na Rudničkoj planini, ostali su i posle propasti Karađorđeve Srbije i njenog rudarstva. Polovinom prošloga veka njihovi potomci živeli su u selima oko Rudnika.

Koliko se do sada zna, sledeći rudarski stručnjak iz inostranstva bio je baron Herder. On je svojim putovanjem po Srbiji 1835. godine napravio veliku reklamu njenom rudnom bogatstvu. To se brzo pročulo i glasovi o »veličanstvenim otkrićima« (herliche Entdeckungen) u pogledu rudnog blaga doprli su čak do Engleske. Još je Herder ležao bolestan, posle povratka iz Srbije u Saksoniju, a Englezi su pohitali u Srbiju, da se pre svih drugih domognu rudarskih prava. O tome piše Posart:

»Otkrića u Srbiji u pogledu rudarstva pobudila su pažnju Engleza: avgusta 1836. g. došlo ih je nekolicina u Beograd i odlučno su nastojali da uzmu u zakup srpske planine zbog rudarskih iskorišćavanja. Međutim knez Miloš je s pravom bio tome malo naklonjen i izgleda da će se rudarstvom radije baviti na sopstveni rizik«.

Herderovo putovanje po Srbiji imalo je veliki uticaj na dolazak rudarskih stručnjaka u zemlju. I ne samo rudara već i drugih trudenika. Još 1837. godine bilo je objavljeno u Nemačkoj, da je knez Miloš pozvao iz Saksionije u Srbiju 17 rudara i topioničara, direktora rudarstva, 8 činovnika i 4 radnika. Iz Herderove prepiske sa knezom Milošem videlo se, međutim, ko je sve od rudara trebalo da dođe u Srbiju i zašto je sve to odlučeno (Simić, 1960).

O izvesnom broju stranaca, rudarskih stručnjaka i njihovoj delatnosti u obnavljanju rudarstva u Srbiji pisao sam na drugome mestu (Simić, 1960, 1965). Ovoga puta osvrnuću se na ostale stručnjake, ukoliko se o njihovom radu našlo podataka. Ponajviše podataka sačuvalo se o rudarima na državnim poslovima. O stručnjacima po privatnim rudnicima i ugljenokopima samo je izuzetno ponešto zabeleženo.



Sl. 1 — S. A. V. baron Herder

Najveća grupa rudara došla je u Srbiju za vreme revolucije u Mađarskoj 1848. g. Prvi rukovodilac rudarstva u Majdanpeku Jozef Abel, kad je u proleće 1849. god. došao u Srbiju, zatekao je na obali Dunava stotine izbeglih rudara i topioničara sa porodicama, koji su napustili banatska rudarska mesta. Abel je od ovih odabrao 200 radnika, preveo ih u Majdanpek i sa njima po-

čeo otvarati rudišta na Rudnoj Glavi, Majdanpeku i Kučajni. Svi su bili Rumuni. Kasnije među prvim rudarima u Majdanpeku bilo je i nekoliko štajeraca.

Druga velika grupa rudara došla je u Srbiju iz Smolnika u Slovačkoj. U njoj je bi-



Sl. 2 — Naslovna strana Herderove knjige o Srbiji

lo 108 porodica. Vrbovao ih je načelnik rudarskog odeljenja u Beogradu Norbert Sojka, koji je i sam prešao iz Smolnika u Srbiju. Rudare sa porodicama transportovao je 1850. godine Stevan Pavlović, rudarski inženjer u rudarskom odeljenju. Do Pešte ih je prevezao suvim a odatle do Zemun na Dunavom na remorkeru.

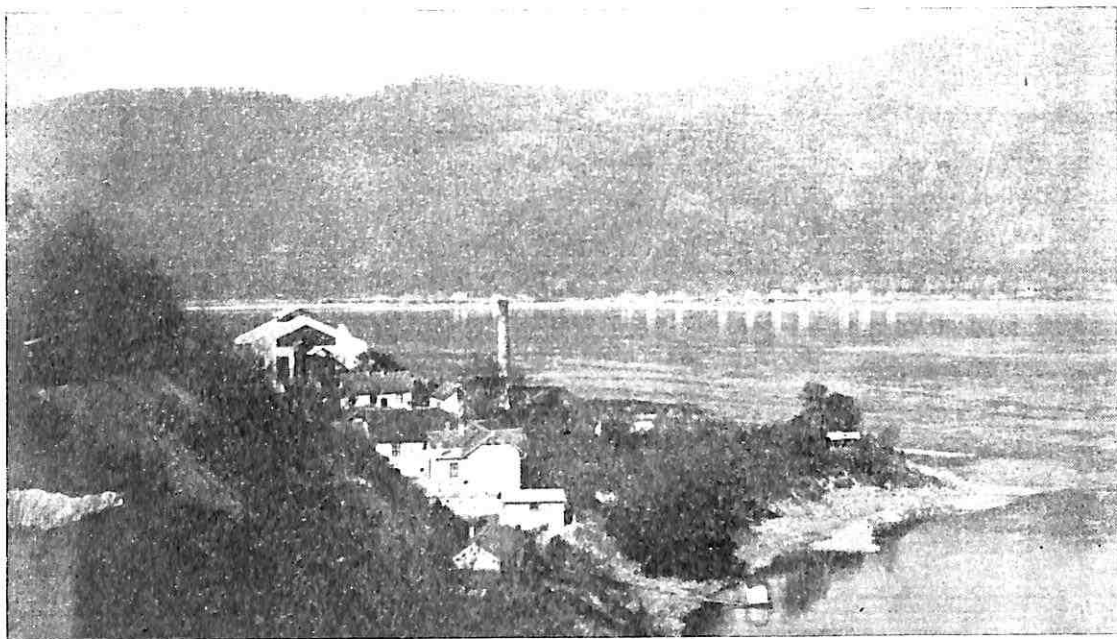
Manje grupe rudara, tesara, kovača, pa čak i ugljara dolazile su u Srbiju iz Banata, Mađarske, Saksonije, Štajerske, Koruške, Kranjske, Češke. Hofman je prilikom otvaranja Kučajne doveo rudare iz svog rodnog mesta, Nove Moldave. Na Jagodnju je sedamdesetih godina doseljeno nekoliko rudarskih porodica iz Češke. Na izgradnji krupanjske topionice radili su majstori iz Koruške. Senjski ugljenokop otvarali su i vadili ugalj Česi, Slovenci, Mađari, Vlasi, naši i banatski.

### **Prvi rudarski preduzimač Jozef Štajnlehner**

J. Skerlić je srpsku književnost 18. veka okarakterisao rečima: »Sa malim izuzetkom, cela naša književnost toga vremena književ-

prvi izvoznik kamenog uglja i na kraju — prvi špekulant sa rudarskim terenima u Srbiji. O ovoj ličnosti pisao sam (1958, 1961) i pišem ponovo, ne što je zaslužna za naše rudarstvo, već, da se poslužim Skerličevim rečima: »po nevolji, u nedostatku čega drugog i boljega«. Štajnlehner nije imao nameru da radi na rudarstvu, već da se pomoću njega obogati smišljeno sklopljenim ugovorima o iznajmljivanju rudarskih prava. Na sličan način kao što se Čičikov hteo da obogati kupovinom mrtvih duša.

Štajnlehner je prešao u Srbiju iz Austrije i u Beogradu otvorio bravarsko-linarsku radnju. Prve molbe za rudarska prava pisao je na nemačkom jeziku, jer nije znao srpski. Ne znam kakav je bio zanatlija ali da je bio čovek vešt o tome nema sumnje. On je 1845. godine opravljao za račun države



Sl. 3 — Pristanište, sa pralištem i upravom ugljenokopa na Bosmanu, kod Dobre, krajem prošlog veka.

nost je samo po imenu, za nevolju, u nedostatku čega drugog i boljega« Ova se formulacija ni za dlaku ne menja, ako se prenese na rudarstvo Srbije u 19. veku, do otvaranja ugljenokopa u Senju i na Vrškoj Čuki.

Jozef Štajnlehner je bio prvi rudarski preduzimač, prvi vlasnik rudarskih prava,

krovove manastira Manasije i Ravanice. A u isto vreme tražio je dozvolu, da otvori rudnik gvožđa i podigne železaru u selu Krivelju, nedaleko od Bora. A kad je odbijen, jer nije ulivao poverenje, da može ostvariti svoje zamisli, on sledeće 1846. godine traži i dobija pravo, da otvori ugljenokop u Dobri na

Dunavu, o čemu je ranije bilo govora (Simić, 1958, str. 17—23).

Štajnlehner je pokazao praktičan smisao za poslovanje. On je tražio ugalj na obali Dunava, jer je samo na tome mestu imao vrednosti. Knez Miloš je 1837. godine otvorio ugljenokop daleko od Dunava, jedine saobraćajnice u Srbiji. Ugalj je pokušao da transportuje kolima do pristaništa ali nije uspeo, nešto zbog skupog prevoza a nešto i zbog rđavog kvaliteta uglja. Štajnlehner se interesovao samo kamenim ugljem, koji troše parobrodi i čiji se prevoz isplati. Zbog toga je otvorio ugljenokop u Dobri, gde je vadio kameni ugalj. Avgusta 1847. godine izveo je u Galac 22.000 oka uglja. Iste godine pokušao je da dobranski ugalj proda »Prvom C. Kr. Paraoplovnom Društvu«. Kad mu se rad u Dobri nije isplaćivao, ugljenokop je prodao nekom odeskom parobrodarskom društvu.

Nisam našao podataka, da se Jozef Štajnlehner i dalje bavio rudarstvom. U 1858. godini on je zakupac kneževog parnog mlina u Beogradu. No čini mi se da nije rđavo prošao u Dobri, jer je njegov sin istoga imena i zanimanja, ponovo pokušao da ostvari očeve planove i pronađe ugalj na Dunavu. U proleće 1866. godine, uoči donošenja rudarskog zakona, mlađem Štajnlehneru je odobreno da može na donjem Dunavu, u krajinskom okrugu tražiti ugalj i otvoriti ugljenokop, pod uslovom da ceo rad saobrazni rudarskom zakonu, koji se upravo tada pripremao za objavljivanje. Iste godine on je istraživao ugalj u okolini Tekije. Ovom prilikom je verovatno otkriven ugalj i u potoku Alikсарu kod Brze Palanke.

Sedamdesetih godina prošloga veka Štajnlehner mlađi nije više limar već trgovac. Za vreme srpsko-turskog rata on nabavlja olovo u Austriji i prodaje ministarstvu vojnom po 20 forinti centu. Pominje se jedna nabavka olova od preko 900 centi. Svakako da je sa olovom unosno poslovao, jer je 4. februara 1878. godine, odmah posle završenog rata sa Turcima, uzeo u zakup olovne troske na Kosmaju. Preduzeće se zvalo »Kosmajska topionica olova«. Firma *Štajnlehner, Frajnd i drug* obavezala se, da pretapa troske i plaća državi za svaku centu 25 para din. Posle dve godine rada društvo je po ugovoru imalo da prerađuje godišnje 20.000 tona troske. Ceo ovaj poduhvat nije uspeo.

Da pomenemo najzad i treću generaciju Štajnlehnera u rudarstvu Srbije. To je Gligoriје, preduzimač i arhitekta iz Beograda, koji je 1883. godine izvadio povlasticu za ugljenokop u Sikolu, pod Deli Jovanom (Simić, 1958, str. 160).

P No 559  
18 Februara 846  
u Beogradu

Objavljenije

Pokazatelju ovog, Josifu Štajnlehneru C. K. Podaniku, šloser majstoru i žitelju Beogradskom daje se od strane Popečitelstva Finansije privremeno dozvoljenje, da u okružu Krajinskom srezu Porečko-Rečkom oko varoši Milanovca, kameno ili mrko ugljevlje kopanjem tražiti može, koje kad nađe i dalje kopati i vaditi uzaželi, dace mu se to predvaritelnim s njime u smotreniju tome ugovoru . . . i traženo dozvoljenje.

Preporučuje se dakle Srbskim vlastima da pomenutom Štajnlehneru ne bi kakve prepone polagali u traženju kamenog ili mrkog ugljena okolo Milanovca; naprotiv da mu to traženje kopanjem dozvole. Razumeva se da ako u reči stojeći Štajnlehner kopati bi želio na zemlji privatnom čoveku prinadležećoj, da se s imacoem zemlje zbog kopanja toga sporazumeti mora.

D. A. Min. fin. P. 1846, f. X, 66  
Državnom Sovetu

Jozef Štajnlehner ovdašnji, obratio mi se s molbom, da mu se dozvoli traženje kamenog uglja u Okružiju Krajinskom, naročito na donjem Dunavu, i gdi ugljena dobrog našao bude, da mu se podari pravo kao što je to i drugima do sada davano, da može isti ugljen vaditi.

Počem je za zemlju koristno, da se ugljenici u onim podunavskim predelima otvaraju, gde je ugljen za plovidbu vrlo potreban, i od kuda se i izvan zemlje lako izvoziti može, na koju su celj već više preduzimača pa i sam Štajnlehner sa otcem svojim pre 20 godina ovu radnju počinjali, no do sada iz razni uzroka u istom uspeti nisu mogli; i počem sam uveren, da rečeni Štajnlehner sada ima na raspoloženju potrebni kapital za istraživanje i vađenje uglja, koje na svoj rizik i bez štete Praviteljstva i privatni lica preduzeti želi, to nema nikakve smetnje od strane praviteljstva traženo odobrenje podariti i pre nego rudarski zakon u život stupi, jer prositelj želi za istraživanje odma ovo proletno vreme upotrebiti.

Za opredeljenje sviju uslova, pod kojima se koncesija dati može za vađenje uglja, mogu se za osnov uzeti ugovori zaključeni sa g.g. Đuričićem i Kearnsom s tim, da će Štajnlehner dužan biti u svemu se po rudarskom zakonu upravljati, čim ovaj izdan bude.

Prema ovome uzimam čest Državnom Sovetu na odobrenje predložiti, da se Minister Finansije ovlasti, da može Jozefu Štajnlehneru ovdašnjem bravaru, dati odobrenje na istraživanje uglja u Okružiju Krajinskom na osnovima, koje

je zakonodavna vlast u podobnim prilikama usvojila, i pod uslovom da ova koncesija s izdavanjem rudarskog zakonika odma istom zakonu podpasti mora, imajući naknadno podneti zakonodavnoj oblasti na rešenje uslove za konačno ustupljenje povlastice na vađenje nađenog uglja, kad tome vreme bude.

R No 49  
11 Marta 1866 god.  
u Beogradu  
DA. Sovet 1866, 78.

Minister Finansije  
K. Cukić

### Majdanpečki rudari (1849—1858)

Po predlogu Karla Hejrovskog (1847) u Srbiji je trebalo izgrađivati jednovremeno dva rudarska objekta, jedan za olovo, srebro i bakar na rudištima Rudničke planine i drugi za gvožđe, u dolini Porečke reke, na rudištima Rudne Glave, Crnajke i Majdanpeka. Kako se srpska vlada rešila da najpre izgradi industriju gvožđa, sredinom 1848. godine pristupilo se je prvim radovima u istočnoj Srbiji. U prvo vreme rudarstvom se rukovalo iz Donjeg Milanovca gde je decembra 1848. godine postojao »Knjaževsko Srbski Sihten Amt«. U pomenu tom mesecu njegovi su rashodi iznosili 204 for. i 17 krajcara. Ovo se nadležstvo zvalo i »Milanovačka rudarska uprava« ili kako Abel veli »Kneževsko srpska rudarska uprava krajskog distrikta«.

U toku 1849. godine rudarska uprava premešta se iz D. Milanovca u Majdanpek, koji će posle toga čitavu deceniju ostati ne samo glavno rudarsko radilište već i središte rudarstva u istočnoj Srbiji, odakle se rukovodi radovima u Mosni, Rudnoj Glavi, Crnajki, Kučajni i Melnici. Od 1. novembra 1848. do 1. decembra 1849. godine ukupni izdaci za rudarske i ostale radove na svim radilištima iznosili su 21.197,41 forintu.

Načelnik rudarskog odeljenja Norbert Sojka odredio je mesta gde će da se radi. Ko je neposredno upravljao prvim rudarskim radovima nije poznato. Na terenu se od 9. decembra 1848. god. nalazio Vasilije Božić, a od februara 1849. Stevan Đuričić, no nijedan od njih nije rukovodio prvim radovima na obnavljanju rudarstva u istočnoj Srbiji iako su bili rudarski inženjeri.

U aktima državnog Arhiva Srbije našlo se nešto podataka o rudarskim i topioničarskim stručnjacima iz inostranstva, koji su po pozivu srpske vlade dolazili u Majdanpek,

da rade kao rudari, merači, hemičari (probireri), topioničari (za gvožđe i bakar) i predaivači gvožđa (livci i kovači na samokovima). Tuđinci su dolazili u Srbiju iz raznih zemalja Austro-Ugarske i Nemačke. Našao se čak i jedan Švajcarac. A pregovaralo se je o dolasku Francuza i Belgijanaca.

U državnom arhivu našao sam podataka samo o 14 stranaca koji su kao rukovodeći ljudi radili u Majdanpeku. Svakako ih je bilo više. Dvojica od njih su bili upravnici preduzeća, dok su ostali rukovodili raznim odeljcima ovog, za ono vreme i u razmerama kneževine Srbije, ogromnog preduzeća. Ovde će biti reči samo o majdanpečkim rudarima i topioničarima. Stranci su, međutim, rukovodili šumarstvom, građevinarstvom i ekonomijom preduzeća.

Majdanpečko preduzeće je u prvoj deceniji rada (1849—1858) imalo veoma složenu organizaciju. Zvanično se nazivalo »Upraviteljstvo rudokopstva«. Njime su najpre rukovodili stranci J. Abel i K. Frndak a kasnije S. Pavlović, pa kratko vreme čak i V. Božić. Rudnici su predstavljali posebno »upraviteljstvo rudokopija« ili kako se često zvalo »oknarski« odsek. I ovim su odeljkom najpre rukovodili stranci, rudarski inženjeri, a od 1855. god V. Božić. Majdanpečko rudište podeljeno je Malim Pekom na severni i južni deo. Severnim »rudokopijem« upravljao je jedan a južnim drugi rudarski inženjer. Retko je oba rudišta vodio jedan stručnjak. Pojedinih rudištima upravljali su naši i inostrani stručnjaci.

Posebno mesto u organizaciji rudarske službe imao je »rudarski inženir«. To je bio srpski naziv dok su nemački zvao Markscheider. To je, u stvari, bio rudnički merač, uvek akademski obrazovan. Meračko mesto držali su u Majdanpeku neprekidno stranci, najpre J. Silberlajtner, zatim J. Sedelini i najzad i najduže M. Hantken, koji je pored toga obavljao dužnosti upravnika pojedinih rudišta.

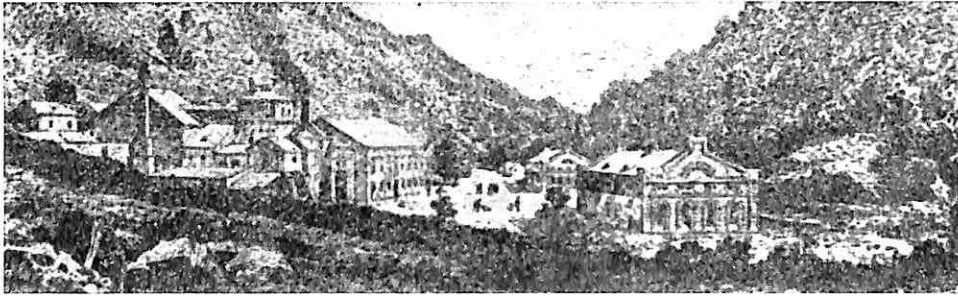
Topionice su imale posebne uprave. Prvo je izgrađena topionica gvožđa (1850), a zatim bakra (1853). Njima su rukovodili upravnici, opet obrazovani topioničari, isključivo stranci. Samokov ili kako se obično zvao čekić, predstavljao je poseban odeljak topionice gvožđa. On je i prostorno bio odvojen od topionice, jer se zbog male količine vode na Malom Peku morao postaviti na

Veliki. Imao je svoga rukovodioca koji se zvao hameršaffer (*Hammerschaffer*) ili upravitelj čekića. I samokovom su rukovodili isključivo stranci, no čini mi se praktičari a ne inženjeri. Topionice su imale svog probirera. Koliko se iz oskudnih dokumenata videlo, ovi su nadgledali rudu koja se dovozi u topionicu i bili u isto vreme hemičari. U Majdanpeku postojao je negde »probirgaden«, hemijska laboratorija ali se ne vidi ko je njome rukovodio. Među majdanpečkim rudarima našao sam samo jednog probirera — Poljaka Lučinskoga. I on je završio akademiju u Šemnicu.

Život majdanpečkih trudbenika nije bio veseo. Uslovi života bili su veoma teški. Do rudnika se dolazilo sa tegobom, osobito u

se S. Pavlović. S. Đuričić čak i Kučajnu smatra nezdravim mestom. Zdravstvena zaštita je slaba. Prvi lekar došao je u Majdanpek 1850. godine, ali se i oni često menjaju. Nikom se ne sedi u Majdanpeku.

U Majdanpeku se teško živelo ne samo zbog rđavog snabdevanja namirnicama i ostalim potrebama svakodnevnog života, slabe zdravstvene zaštite ili odsustva ma kakvog provoda. Tamo je i radni život ljudi patio od samovolje, zloupotreba, intriga. Podela posla u preduzeću je nemoguća, birokratska i nasilnička. Mlad rudarski inženjer Stevan Đuričić određen je da vodi delovodni protokol preduzeća. Pa kad ovaj posao obavlja kao od bede, premeštaju ga za pisara u topionicu da se popravi. Veoma spo-



Sl. 4 — Topionica u Majdanpeku iz 1861. godine. Po Kanicu.

prvo vreme, jer je ležao u bespuću, usred najprostranijih šuma u Srbiji. Oko rudnika nije bilo naselja. U samom Majdanpeku bilo je samo nekoliko vlaških koliba, letnjih naselja stočara. Do mesta se u prvo vreme dolazilo jašeći, bilo od Donjeg Milanovca ili Požarevca, odn. Kučeva. Snabdevanje rudnika materijalom i stanovništva životnim potrebama bilo je krajnje tegobno, što je naročito nepovoljno uticalo na zdravlje rudara i njihovih porodica. Pedesetih godina prošloga veka Majdanpek se smatrao nezdravim mestom. Najviše se bolovalo od groznice. Mnogi se žale na razna oboljenja. J. Abel je zbog bolesti napustio preduzeće. Bolestan je Đorđe Branković sa ženom, bolestan je J. Šefel sa porodicom i zbog toga napušta Majdanpek i vraća se u Češku. Prvi načelnik rudarskog odeljenja Gustav Bem razboleo se u Rudnoj Glavi i dok je stigao do Beograda bolest se toliko pogoršala da je ubrzo umro. Na zdravstvene prilike žali

soban inženjer Đorđe Branković je službovao nekoliko godina u Majdanpeku, uglavnom kao blagajnik ili upravnik ekonomije. Darovitome Hantkenu dali su da bude merač. Rad u preduzeću je još prvih godina rđavo organizovan, tako da ministar finansija dolazi lično u Majdanpek i preko leta upravlja poslovima. Sredinom 1854. godine zbog mnogih zloupotreba u poslovanju postavlja se u preduzeće za upravnika visoki državni funkcioner J. Gavrilović. Teške optužbe protiv rada u Majdanpeku podigao je Stevan Pavlović, upravnik preduzeća 1857. godine. Komisija ministarstva finansija, pregledajući poslovanje u Majdanpeku, piše za jednog upravnika: »čovjek je preveć mek, u poslu spor i dosta nevešt, čovek bez energije, i što je najgore čovek pristrasan«. A taj isti upravnik rđavo je ocenio rad M. Hantkena, izvanrednog stručnjaka u Majdanpeku i kasnijeg profesora u-

niverziteta i člana Akademije nauka u Budimpešti.

Zato se ne treba čuditi, što su zbog teških uslova života i rada rudari stranci, a isto tako i naši ljudi, retko ostajali duže u Majdanpeku, nego što su se ugovorom obavezali. Po pravilu ugovori su zaključivani na tri godine, ali su se mogli produžiti obostranim pristankom. Međutim, samo nekolicina rudara produžila je ugovore (Šefel, Hantken, Lučinski) dok je najveći broj napuštao Majdanpek pre ugovorenog roka. A kad ministarstvo finansija nije odobravalo kršenje ugovora, rudari su nalazili načina da se oslobode obaveza; jednostavno su prestali da

Sl. 5 — Potpisi majdanpečkih rudara

1 — Jozef Silberlajtner; 2 — K. Morf; 3 — Maksimilijan Hantken; 4 — Julius Fabijan; 5 — E. Sefel; 6 — Jos Barton; 7 — Sigf. Cajlinger; 8 — Jos. Abel; 9 — Karl Frndak 10 — Cervenka; 11 — J. Sefel; 12 — H. Breithaupt; 13 — Aleksa Senbuher; 14 — Fuhs.

se interesuju poslom. Neke stručnjake moralo je ministarstvo da nasilno ukloni iz Majdanpeka, pa čak i neke naše službenike. Životom i radom u Majdanpeku nisu zadovoljni ni naši stručnjaci. Đorđe Branković traži da ga premeste iz Majdanpeka makar gde, pristajući da čak napusti rudarstvo. O teškim uslovima života na prvom rudniku Srbije zabeležili su nešto i savremenici.

Kanic (1868) veli da su inostrani rudari i radnici razočarano napuštali Majdanpek kao »mesto njihovog mučenja« (den Ort ihrer Qual).

#### Jozef Abel

Po pozivu srpske vlade došao je u Beograd 18. aprila 1849. godine (sa ženom, troje dece, služavkom i momkom) sa nekog rudnika u okolini Ostrogona, na granici Mađarske i Slovačke, gde je bio upravnik. U Srbiju je putovao preko Beča do Siska, a odatle se parobrodom spustio do Zemuna. Podneo je i naplatio putni račun od 330 forinti. Po ugovoru imao je platu od 1200 forinti godišnje, pored ostalih privilegija upravnika Majdanpeka.

Kad je došao u Srbiju Abel je bio mlad inženjer (na šemničku rudarsku akademiju upisao se 1841. godine, godinu dana posle naših pitomaca). Po završetku školovanja služio je neko vreme u Fronsdorfu. U Srbiju ga je svakako doveo Norbert Sojka, načelnik rudarskog odeljenja. Abelu je bilo povereno celokupno rudarstvo istočne Srbije. Bio je imenovan, kako sam veli, za »kneževsko-srpskog rudarskog upravitelja i starešinu krajinskog rudarskog distrikta« (fürstlich serbischen Bergverwalter und Bergamtsvorstand des Krainaer Distrikts), sa sedištem u Donjem Milanovcu. Abelu su pridodati pomagač i Vasilije Božić kao šihtmajster i Stevan Đuričić kao nadglednik istražnih radova.

Abel je dobio zadatak »da još u ovoj godini preko leta svrši ispitivačke radove na gvozdenim rudama i da otpočne građenje topionice«; iako je bio mlad inženjer, proučavajući majdanpečko, rudnoglavsko i crnajske rudište gvozdenih ruda zapazio je da su ove rude nepoгодne za dobijanje gvožđa dobrog kvaliteta. Osim toga, on je u Majdanpeku video da su stari radovi bili usmereni na traženje i proizvodnju bakarnih ruda. Prilikom istražnih radova, naišavši na pojave bogatih bakarnih ruda, Abel predlaže srpskoj vladi, da se pored gvozdenih istražuju i bakarne rude. Isto tako, Abel je zapazio i prisustvo bakronosnih voda, koje su isticalle iz starih radova pa je predložio da se izgradi cementacija bakra.

I pored nepovoljnog mišljenja o gvozdenim rudama, Abel je na insistiranje nadle-



žnih pristupio izgradnji topionice gvožđa na Malom Peku. Topionica je rađena po Sojkinom nacrtu. U proleće 1850. godine puštene su u rad dve peći za topljenje gvozdениh ruda. »Od toga dana« piše kasnije Milojković nastaju najteži dani za Majdanpek, jer su neuspesi na topljenju povlačili za sobom česte promene, počev od upravnika, pa do najobičnijeg nadzornika«. Verovatno je ova promena zadesila i Abela. On je ostao sa službom u Majdanpeku samo do 13. februara 1850. godine, a zatim se, zbog bolesti vratio u Austriju. U 1851. godini, kad je pisao o rudarstvu u Srbiji, služio je u Moravskoj Ostravi. Za Abelovo ime vezan je prvi neuspeh u izgradnji industrije gvožđa u Majdanpeku. Sada je jasno, da on za to ne snosi nikakvu odgovornost, jer tamo ni do danas nije izgrađena industrija gvožđa. Pogotovu što je Abel u svom izveštaju od 1849. godine izričito napomenuo »da ni jedno rudišće nije takve prirode, da se može pomišljati na topljenje gvožđa«.

Abelovi saradnici u Majdanpeku bili su:

1. Vasilije Božić, sa zvanjem šihmajstera ili nadziratelja. Na rudniku je od 9. decembra 1848. godine.

2. Ignac Muk, nastojnik od 21. marta do 20. jula 1849. god. Imao je platu od 150 talira godišnje.

3. Stevan Đuričić, nastojnik za prospekcione radove (Schürfungsübergeher) od 21. februara 1849. godine. Plata 150 talira godišnje.

4. Pavel Sabo, hutman (predradnik) od 20. jula do 31. avgusta 1849. godine. Plata 150 tal. godišnje.

5. Matija Peternel, nastojnik od 31. avgusta 1849. do januara 1850. Plata 150 talira godišnje.

6. N. Cigler, zidar, od 22. jula do 12. decembra 1849. god.

7. Jovan Gligorijević, pandur, plata 98 talira godišnje.

8. Aleksa Šenbuher, nadzornik čekića, od 21. juna 1849. Plata 400 talira godišnje.

9. Lorenc Felker, tesački palir, od 22. jula 1849. Plata 200 talira godišnje.

10. Simeon Kaučić majstor čekića, od 21. oktobra 1849. god. Plata 150 talira godišnje.

11. Aron Kristov, nastojnik u topionici gvožđa.

Iz ovog spiska »činovnika i služitelja Rudokopija u Majdanpeku« vidi se mnogo što šta. Najpre nacionalna mešavina: Srba, Bugara, Slovenaca, Mađara, Nemaca. Plate su takođe interesantne. Abelova plata je 600 talira godišnje sa još nekim dodacima. Zidari

su imali veće plate od rudarskog inženjera Đuričića.

Jozef Abel obogatio je našu geološko-rudarsku literaturu sa dva spisa:

— »*Berichte über Maidanpek*«. 1849. Ne zna se gde je štampano.

— »*Über den Bergbaubetrieb in Serbien*«. — *Jahrbuch d.k.k. geol. Reichsanstalt in Wien, Bd. II, 1851.*

#### Aleksandar Šenbuher

Došao je među prvim stručnjacima u Majdanpek, gde je februara 1849. postavljen za upravnika samokova, iako ovaj još nije ni počeo da se gradi. Šenbuher je iz Štajerske, ali je u Srbiju došao iz Hrvatske. U 1845. godini bio je upravnik železare u Trgovci, pa je otuda verovatno i došao u Srbiju. U Majdanpeku rukovodio je pri izgradnji samokova i topionice gvožđa. Juna (21) 1849. sklopio je ugovor sa ministarstvom finansija po kome je postao upravnik topionice gvožđa sa platom od 400 talira godišnje. Šenbuher je posle upravnika Abela imao najveću platu. Jedno vreme zamenjivao je Abela i na položaju upravnika rudnika. Sa Đorđem Brankovićem putovao je u Banat 1851. godine radi nabavki za rudnik i topionicu gvožđa. Majdanpek je napustio 1851. godine pošto mu je otkazana služba.

#### Jozef Červenka

U Majdanpeku je od juna 1851. godine. Po nekim podacima bio je rukovodilac preduzeća, verovatno dok nije došao Frndak; po drugim opet bio je upravnik »rudokopija« odnosno »oknarskog« odseka. Po takozvanom »novom redu«, zavedenom u Majdanpeku 30. oktobra 1851. godine, Červenka je primao godišnje: 1200 forinti plate, 50 for. za kovanje konja, 4000 oka sena i 2800 oka zobi za konje i 25 hvati drva. Pored toga imao je besplatan stan i baštu.

O Červenkinom stručnom radu u Majdanpeku ima veoma malo podataka. Bio je specijalista za topljenje gvozdениh ruda i preradu gvožđa uopšte. U literaturi se pominje neki njegov izveštaj od 26. oktobra 1851. godine, veoma značajan za razumevanje ondašnjih prilika u Majdanpeku. Iz fragmenata toga izveštaja zna se samo toliko:

»Iz majdanpečkih ruda ne može se da dobije sivo nego belo gvožđe, koje se ne daje kovati usljed velike količine sumpora, i ako je uvedeno prethodno prženje rude«. No ovo nije bila jedina nezgoda. Peć je češće puta prekidalala rad zbog nestašice ugljena ili pržene rude, zbog zavejanih puteva i drugih smetnji.

Červenka je ostao u Majdanpeku nepune tri godine. Ministarstvo finansija nije bilo zadovoljno njegovim radom. Januara 1854. Paun Janković ministar finansija ocenio je Červenkin rad rečima: »Ima znanja takođe dobri a osobito u topljenju i livenju gvožđa, ali je odan poroku pijanstva, kojega je činilo neispravnim i za koje sam morao, počim se nije dao usovetovati i popraviti, i službu mu otkazati«. Služba mu je otkazana na vreme kako je predviđeno ugovorom ali se Červenka nije »popravio«. Zbog toga ministar finansija traži od Soveta, da se Červenka pre ugovorenog roka otpusti iz službe i protera iz Majdanpeka, jer »kod poslenika duh protivnosti pobuđuje, i na štetu Pravitelstva, gdi god mu se prilika ukaže, postupa«.

O čemu se ovde zapravo radi teško je reći. Červenka je, kao što se iz onog fragmenta njegovog izveštaja vidi, bio nezadovoljan poslovanjem u Majdanpeku. Trebalo je, po nalogu Pauna Jankovića, da topi gvožđe iz ruda koje nisu valjale. Rudarstvom je u to vreme rukovodio Stevan Pavlović, veoma slab stručnjak i rukovodilac, kome nije ni padalo na pamet da se zbog Červenke zamera ministru. Červenka je svakako kritikovao bezglavo rukovođenje u Majdanpeku, pogotovu posle Fuksove smrti. Možda je, kao i njegov načelnik rudarskog odeljenja Vilhelm Fuks bio pobornik novih ideja, koje su 1848. god. zapljusnule svet. A to se nije moglo sviđati Paunu Jankoviću, ustavobranitelju u Srbiji a pristalici samodržavlja u Rusiji.

Červenka je otpušten iz službe aprila 1854. godine. Ministarstvo finansija htelo je da ga zameni »što pre dostojnijim i veštijim licem« pa je pozvalo Alojza Rohela, glavnog upravitelja topionice u Pšibramu, da se primi za upravitelja »rudokopija« u Majdanpeku. Rohel je prihvatio poziv ali nije došao iz nepoznatih razloga.

*Josif Červenka upravnik rudnika u Majdanpeku da se odmah otpusti iz službe.*

Vaša Svetlost

Milostivejši Gospodaru!

Popečiteljstvo Finansije pod 16. Marta t. god. R. No 196 javljajući Sovjetu, kako Josif Červenka, Upravitelj Rudarski u Majdanpeku, vladanje svoje, koje je Vašoj Knjažeskoj Svetlosti poznato, od kako mu je služba otkazana, ne samo da popravio nije, nego naprotiv, kod poslenika duh protivnosti pobuđuje, i na štetu Pravitelstva, gdi mu se prilika ukaže postupa; a neznajući drugoga sredstva, kojim bi ga veli Popečiteljstvo, od tog pagubnog za interese Pravitelstva i soblaziteljnog za poslenike postupanja odvratiti moglo, misli da bi najbolje bilo, da se isti Červenka odma iz službe otpusti, a rest plate da mu se isplati, koji mu ugovorom do junija tek. god. pripada, pa onda iz Majdan-Peka udalji.

Sledstvom ovakvog predstavljenja, navelo je Popečiteljstvo to, da otpustom Červenke iz službe neće nužno biti, da se zvanije njegovo odma popunjava zato, što sad pored stalna dva nadziratelja i Inžinir Rudarski pri Rudokopiju dejstvuje, pak će sva trojica podeljene im dužnosti daleko bolje oknarsku radnju rukovoditi nego što je to pod Červenkom bilo.

Sovjet je po ovome predstavljenju Popečiteljstva rešio, i nastojećim u pokornosti Vašoj Knjažeskoj Svetlosti na višočajše odobrenije u pokornosti predlaže, da se Josif Červenka iz službe Pravitelstvene otpusti, i iz Majdan Peka udalji.

No 254  
22 Marta 1854  
u Beogradu

Predsedatelj Sovjeta  
General Major Kavaljer  
Stef. Stefanović

DA, Min. in. dela V, 1854, f. I. 184.

#### Jozef Silberlajtner

Proveo je nekoliko godina u Majdanpeku. Došao je verovatno 1851. god. a 1852. vodi se kao inženjer u »oknarskom« odseku. Iste godine se iz jednog dokumenta vidi da je merač — markšajder. Prema tome Silberlajtner je bio rudarski inženjer. Iz izveštaja Pauna Jankovića za 1853. god. vidi se da je Silberlajtner otpušten iz službe »zbog lenosti i nevaljalstva«. Neki Silberlajtner je pobjegao iz Srbije 1855. godine, ostavivši ženu u Užicu.

#### Alfons Lučinski

Među mnogim strancima, koji su potražili hleba u rudarstvu Srbije bila su i tri Poljaka. Dvojica su radila kao rudari a tre-

ći kao šumar ali u rudarstvu. Služili su u Majdanpeku i ostavili iza sebe dobar glas, što je inače veoma retka pojava, kad se radi o rudarskim trudbenicima u Majdanpeku. Tamo su rđav glas uživali i nesumnjivo sposobni radnici. Jedan od Poljaka Alfons Lučinski ostao je u Majdanpeku punih 6 godina, što je takođe bio jedinstven slučaj. Obično su Majdanpek napuštali rudari pre ugovorenog roka, kako stručnjaci tako i radnici.

Lučinski je rođen u Nemirovi. Imao je sasvim solidno obrazovanje. Filozofiju je završio u Lavovu a rudarsku akademiju u Šemnicu. U Majdanpeku se pojavio u leto 1850. godine. Dobio je mesto ispitača u oknarskom odseku, koje je zadržao dok je ostao u Majdanpeku. Jedno vreme zamenjivao je inženjera u dužnosti upravnika topionice gvožđa (1850. godine). Početkom 1854. godine P. Janković ga je ocenio: »Alfons Lučinski ispitač ruda i privremeni šihmajstor (nadziratelj oknarski) ima znanja dobri, razume svoj posao vrlo dobro i trudi se u delima dužnosti svoje tako i toliko da mu se ne može priznatelost otkazati«. Jula 1856. god. on je još uvek kontraktualni službenik (probi-rer), ima 37 godina i platu od 400 talira godišnje. Iste godine napustio je Majdanpek.

#### Jovan Karlović i Jovan Petrovski

Bili su emigranti i ne zna se kada su došli u Majdanpek. Karlović je bio u Majdanpeku novembra 1850. godine i rukovodio je izgradnjom samokova, a Petrovski je imao zvanje podšumara. Iako su bili besprekorni službenici i veoma potrebni Majdanpeku, srpska vlada, na zahtev austrijskog konzula, morala ih je u leto 1853. god. proterati u Tursku. Kad su odlazili iz Majdanpeka tamo se zatekao ministar finansija Paun Janković, koji je naredio da se svakom da na put po 10 dukata, jer su »verno i ohotno odpravljali službu njiovu«. Uprava Majdanpeka je isplatila nagrade, ali Sovet nije odobrio ovaj izdatak i preko kneza opomenuo je Jankovića, kome ovo nije prvi slučaj, da ne radi na svoju ruku, već kad daje novac da traži odobrenje više vlasti. Janković se žalio knezu na odluku Soveta pa je ovaj naknadno odobrio nagrade Poljacima.

#### Jozef i Emanuel Šefel

Braća ili rođaci Jozef i Emanuel Šefel iz Joakimova u Češkoj služili su u našem rudarstvu nekoliko godina i ostavili za sobom povoljna sećanja. Obojica su bili tehnički dobro obrazovani a osim toga imali su bogatu i raznorodnu praksu, koju su pokušali da primene i u Srbiji »i time polzu Praviteljstvu našem prinoseći dostojnim se svakog prizrenija« pokažu. U Srbiju su došli kao rudarski stručnjaci, Jozef kao inženjer, a Emanuel kao bušaći majstor. No oni su na svoju ruku pokušavali da srpskoj privredi, tada u povelju, omogućće korišćenje novih mineralnih sirovina. Tako je Jozef Šefel u Majdanpeku, pored svojih redovnih poslova, na nama još nepoznat način, proizvodio sumpor iz sumpornih para topionice bakra, napravivši ono što je Borski rudnik nedavno samo delimično ostvario. Osim toga, Jozef je u Majdanpeku proizvodio i mineralne boje, svakako oker i crvenu iz tamošnjih gvozdskih ruda, a možda i zelenu, iz malahita, koja se onda zvala Berggrün. To će verovatno biti i prva proizvodnja zemljanih boja u Srbiji. Emanuel, ili kako su ga posrbijeno zvali Manojlo Šefel došao je na ideju, kad je istraživao ugljeni sloj u Radenki, da koksuje mrki ugalj. Dobio je povoljne rezultate. On je pre više od jednog veka proizveo navodno koks iz domaćeg uglja bez koksare.

Šefeli su, međutim, i pored predanog rada i uspešnih opita na proizvodnji novih izrađevina bili među najslabije plaćenim inostranim stručnjacima u Srbiji. Manje su bili nagrađeni i od šemničkih pitomaca, koji se nisu mogli hvaliti visokim platama.

#### Jozef Šefel

Rodio se negde oko 1821. godine. Rudarsko obrazovanje dobio je u Šemnicu, zajedno sa našim rudarskim pitomcima. Zatim je služio kao praktikant u Pšibramu, a 1845. god. kao »Bergamtassessor und Bergamtkassier«. Posle toga bio je oberštajger u Milbergu i inženjer u Ostravi. U Majdanpek je došao avgusta 1854. godine i postavljen je za rudarskog nadzornika u severnom reviru. U južnom je bio nadzornik Vasa Božić. Šefel je primao godišnje 350 talira. Za celo vreme rada smatran je kao dobar stručnjak. Po isteku trogodišnjeg ugovora napustio je Majdanpek zbog bolesti i vratio se u Češku.

Rad Jozefa Šefela u Majdanpeku ocenjen je od nadležnih veoma povoljno. »Isti je«,

čitamo u jednom spisu, »za ove tri godine ne samo na podpuno zadovoljstvo Upraviteljstva Rudokopstva i Popečiteljstva ovoga dužnost nadziratelja severnog rudokopija, nego i dužnost nadziratelja južnog rudokopija odpravljao, a pored ovoga fabriciranje farbe i proizvođenje sumpora u Majdanpeku zaveo, i time polzu Praviteljstvu našem prinoseću dostojnim se svakog prizrenija Praviteljstva našeg pokazao«.

Pri polasku iz Srbije Šefela je, po predlogu ministarstva finansija, nagradio knez A. Karađorđević sa 100 dukata »iz prizrenija tog, što je on za vreme trogodišnje službe njegovu verno, ohotno i na podpuno zadovoljstvo Upraviteljstva Rudokopstva, i na polzu Praviteljstva u svakom obziru služio, sa požrtvovanjem zdravlja svog i familije svoje«.

Šefel se još jedanput vraća u Srbiju. Kad je država 1862. godine pristupila otvaranju olovnih rudišta u Podrinju (na Jagodnji), pozvala je Šefela za rukovodioca ovih radova i postavila ga za upravnika rudnika sa platom od 600 talira godišnje. U 1863. i 1864. god., Šefel je upravnik »olovnika« podrinjskog. Koliko je ostao u Podrinju nepoznato je.

#### Emanuel — Manojlo Šefel

Rođen je 1823. godine. Neke tehničke škole završio je u Pragu, a posle toga radio je kao mašinstica po ugljenokopima Austrije. U Srbiju je došao maja 1850. godine »da pri našem Rudokopiju dužnost Bormajstora odpravlja«. Sobom je doneo dobra svedočanstva. Kod nas je dobio zvanje »nadziratelja za bušenje zemlje i artejski bunara«. Sedište mu je bilo rudarsko odeljenje u Beogradu. Vodio se kao »činovnik po osobitim poručijama«. U Beogradu je ostao do 1853. godine, a zatim je premešten u Majdanpek, rađeci prema potrebi kao mašinstica ili rudar. U 1853. godini povereno mu je da prospektuje teren između D. Milanovca, Majdanpeka, Dobre i doline Peka u cilju pronalaženja ugljenih ležišta za potrebe Majdanpeka. Tom prilikom otkrio je ugljene izdanke u selu Radenki, između Dunava i Peka, i odmah pristupio njihovom istraživanju. U toku trogodišnjeg rada (letnjeg) Šefel je otvorio ugljene slojeve povoljne za eksploataciju; ali kako je ugljenokop ležao u bespuću, a i Majdanpek, koji je iz godine u godinu sve slabije radio, ugalj nije ni bio bogznakako po-

treban, napušten je već otvoren ugljenokop u Radenki. Šefelov rad na istraživanju i pripremanju ugljenokopa za otkopavanje ocenio je pohvalno P. Janković, min. finansija. Marta 1854. god. Šefel je dobio novo zvanje »nadziratelja kameno-ugljenog Majdana kod Duboke i mašinstice«. No njegova plata iznosila je i dalje 300 talira godišnje, kao kad je došao u Srbiju. Kad ga je 1856. god. min. finansija predložio knezu za nagradu od 10 dukata, što je uspešno montirao i pustio u rad mašinu za pokretanje mehova, kupljenih u Engleskoj, knez A. Karađorđević nije se sa tim složio, smatrajući da je Šefel samo vršio svoju dužnost.

S proleća 1856. godine Ministarstvo finansija šalje Šefela u senjski ugljenokop »poradi otkopavanja kamenog ugljena za Topolivnicu Kragujevačku«. On ostaje ovde do jeseni. Izvadio je nešto preko milion oka uglja i od toga poslao u Kragujevac 900.000 oka. Pri otkopavanju uglja došlo je do požara, prvi put u ovom basenu. Kako Šefel nije mogao pogasiti jamske vatre, došao mu je u pomoć M. Hantken iz Majdanpeka. Ovaj je uspeo da pogasi vatre, okrivljujući Šefela, da ih je izazvao nestručnim radom. Međutim, jamske vatre su u ovim ugljenim ležištima do nedavno bile dosta česte, jer je ugalj sklon samozapaljivanju. Prema tome ni za prvi požar nije bio baš mnogo odgovoran Manojlo Šefel.

Marta 1857. godine Šefelu je istekao ugovor, ali je on i dalje zadržan u službi, iako je Majdanpek bio pred likvidacijom. Novembra te godine Šefela preuzima u svoju službu ministarstvo unutrašnjih dela, u građevinsko odeljenje, imenovavši ga kontraktualnim inženjerom II klase sa platom od 400 talira godišnje. Tu je Šefel ostao do 1860. god. pa je zatim premešten za okružnog inženjera u Negotin. U 1864. godini je okružni inženjer u Užicu, a od 1866. godine je inženjer II klase u ministarstvu građevina. Rudarstvom se više nije bavio.

*Manojlo Šefel da se postavi za upravnika ugljenokopa u Radenki i mašinske službe u Majdanpeku.*

Vaša Svetlost

Milostivejši Gospodaru!

Kako je G. Popečitelj Finansije u relaciji svojoj od 20 pr. m. R No 58 između ostaloga, primetio, da radi napredovanja našeg rudarskog zavedenja treba naročito vnanije obratiti na sve većma rasteću potrebu u gorećem

materijalu, imeno, na kameni ugalj, sa kojim bi se rudni naši proizvodi najekonomičnije izrađivali, počemu da je nužno da se što skorije nađe i u službu primi iskusno jedno i vešto lice, koje je tu manipulaciju gdi bilo da bilo više godina s polzom pritjažatelja takovog majdana upravljalo; tako Popečiteljstvo Finansija, po čem je Austrijski Konzulat nadziratelja bušenja zemlje, Manojla Šefla, imavši ga pod ispitom, shodno pismu njegovom od 7 tek. m. po novom S. no 345 svakog daljeg odgovora razrešio i istom Popečiteljstvu na dalje s njime raspoloženije uputio, ne imajući potrebe, da istoga Šefla i dalje kao nadziratelja bušenja zemlje pri otdeleniju svom drži, a naprotiv uverivši se o sposobnostima njegovim pri kopanju i obdelavanju kamenog uglja, u kome je radu u Austrijskoj državi po svidetelstvama pohvalno upražnjavao se, a ne manje, veli, pri traženju toga ugljena u okolini Majdan-Peka koje je i našao, a po naredbi G. Popečitelja odkopavati počeo otlikovao se, i misleći, da će se isti Šefl najbolje upotrebiti, ako se gorenavedene celji radi za nadziratelja kamenouglenog Majdana kod Duboke, koje je mesto 3 sata od novopostrojavajućeg se puta Neresničko—Majdanpečkog udaljeno, naimenuje, i osim toga, i nadziranje na mašinama kod topionice, u čemu je dobra znanja pokazao, njemu se vrući pod 6 t. m. R. No 98 predložilo je Sovetu, da se postojavše pri Otdeleniju Rudarskom zvanije nadziratelja bušenja zemlje ukine, a mesto toga zvanije nadziratelja kameno-uglenog Majdana kod Duboke i mašinste ustanovi, i na ovo zvanije da se u reči stojeći Manojlo Šefel kontraktualno na tri godine pod onim istim uslovijama i obvezateljstvima, pod kojima je za Inžinjera Rudarskog predloženo, primi primečavajući naposljedku Popečiteljstvo, da će Šeflu dovoljna biti ona ista plata, koju je i kao nadziratelj bušenja zemlje imao; s pridodatkom bezplatežnog kvartira i ogreva, shodno organizaciji Upraviteljsva od 1851. god. R. No 755 za nadziratelja rudarskog opredeljenog.

Što se tiče ostali troškova, koji će se sa otvaranjem kameno-uglenog majdana činiti, Popečiteljstvo Finansija, ne želeći rashod budžetom za ovu 1854. računsku godinu opredeljeni, umnožavati, mnemija je, da se sa toliko, koliko će poslovi oko odkopavanja ugljena troška izneti, izdatak na rudokopije u Majdanpeku imali, uveravajući pri tom da će ono i potrebnu za kvartir poslenika i magacin čumura ogradu od pletera o najmanjem, spomena gotovo nezastužujućem trošku, na mestu odkopavanja ugljena postaviti.

Predložene ovo Popečiteljstva Sovet odobrava s tim na trogodišnji kontrakt primečanimjem, da se u ovom još jedna točka stavi po kojoj će slobodno biti odma ugovarajućim stranama, pri istečeniju svake od triju kontraktualnih godina, na 3 meseca ranije voprosnu službu uzajamno odkazati.

Koje rešenije svoje uzima čest ovim i Vašu Knjažesku Svetlost na visočajše odobrenje u pokornosti predstavi.

No 145  
22 Februarija 1854  
u Beogradu.

Predsedatelj Soveta  
General Major  
Kavaljer  
Stef. Stefanović

## Karl Frndak

Došao je u Majdanpek početkom 1852. godine; ugovor je zaključio 18. februara za trogodišnje službovanje u Majdanpeku kao upravitelj »rudokopstva« tj. direktor preduzeća. Iste godine on je u Majdanpeku direktor i upravnik topionice gvožđa (Amtsvorstand und Eisenhüttenverwalter); 1853. godine pored redovne dužnosti vodi i topionicu bakra. Kao što se vidi, Frndak je svakako kao dobar stručnjak, ne samo upravljao celim preduzećem, već bio i upravitelj dveju topionica, gvožđa i bakra. Kad je pri polasku iz Srbije zatražio, da mu se naknadi, što je obavljao poslove za koje ugovorom nije bio obavezan, ministarstvo finansija ga je odbilo sa motivacijom, da je dužnost vršio nebrizljivo.

Frndak je bio nesumnjivo dobar stručnjak i rukovodilac preduzeća. To mu zvanično priznaje i P. Janković: »Ima dobra, temeljna i prostrana znanja, ali je nemarljiv i nerevnostan bio, dokle nije mnome opomenut i za jedno i za drugo; a ot onog doba, od kako je mnome za to opomenut, on se više za poslove zauzima, bolje se trudi i nadu daje, da će i bolji, ako ne i sasvim dobar biti«.

Ali Frndaku se u Majdanpeku nije radilo. On je još sredinom 1853. godine pokušao da raskine ugovor i vrati se natrag u Češku. To je bilo baš u vreme, kad je ministar finansija »vršljao« po Majdanpeku, nadgledajući nekoliko meseci neposredno rad preduzeća. U jednoj karakteristici o Frndaku čitamo da je »pokazivao zlu volju u radu i zbog toga je nebrojenim aktima ukoravan«. Najzad je na svoje navaljivanje otpušten iz službe maja 1854. godine, skoro godinu dana pre nego što mu je ugovor istekao.

*Karl Frndak, upravnik preduzeća u Majdanpeku da se otpusti iz službe bez nagrade.*

Vaša Svetlost

Milostivejši Gospodarui!

Popečiteljstvo Finansije pod 4 t. m. R. No 355 dostavlja Sovetu, kako je dosadašnji Upravitelj Rudokopstva Karl Frndak primljen, kao što zaključeni s njime pod 18. februara 1852. god. R. No 206 ugovor glasi, u službu Pravitelstvenu na 3 godine dana, pa pri svem tom on je još prošlog leta G. Popečitelja Finansije ustmeno molio, da ga i pre istečenija ugovorom opredeljenog vremena, iz službe otpusti, no onda mu se zato molba uvažila nije, što je Popečitelj na-

dao se, da će postrojavajuća se velika furuna gvožđa s koncem prošle jeseni izidati se, a nad zidanjem iste imao je on nadziranje. Docnije kad se vidilo, da je rečena furuna ne izidana ostati morala, obrativšem se Frndaku, i pismeno za odpust iz službe, nije Popečiteljstvo više uzroka imalo molbu ne uvažiti, u tim manje, što se ono i u prošloj godini o zlovoljstvu njegovom u odpravljanju dužnosti svoji, za koje nebrojenim aktima ukoravan, dovoljno uverilo, pa držeći da će bolje biti, da se takovi čovek, koji sa zlom voljom služi, odpusti, nego i dalje i na štetu interesa Praviteljstvenog u službi drži, odgovorio mu je, da će se kako voverene mu dužnosti i stvari kome je naređeno predao bude, iz službe odpustiti.

Odma za ovim, kao što dalje Popečiteljstvo Sovet izveštava, pod vidom da želi bolujuću svoju mater u Beograd radi lečenja dopratiti, izište rečeni Frndak od Popečiteljstva dozvoljenje 14 dnevnog odstustvija od dužnosti, i kako ovamo u Beograd dođe, a on se povtoritelno pod 14 pr. m. Popečiteljstvu obrati, da ga ne samo iz službe odpusti, no da mu za odpravljanje pored svoji, tobož i drugi dužnosti, imeno pak, dužnosti upravitelja topionice bakara i upravitelja rudokopija novčanu nagradu dade.

Naposletku zaključava Popečiteljstvo izvesti je svoje time, da Frndak ni svoju dužnost, pa ni dužnost upravitelja topionice bakara, niti najposle onu upravitelja rudokopija, od koji nikad dve, ili više na jedanput nije imao, ne samo na zadovoljstvo Popečiteljstva odpravljavao nije, nego je još za nebregije svoje, u svakoj od ovi, kao što je napred kazano, nebrojenim aktima ukoravan, opominjan i na odgovor pozivan.

I tako pokazujući ono neosnovanost potraživanja nagrada Frndakom, predlaže, da se istome ne samo nikakva nagrada ne daje, no naprotiv, da mu se pri odpuštanju iz službe onakovo Svideteljstvo, kakovo je zaslužio, izda.

Predloženje ovo Popečiteljstva Sovet odobravajući, uzima čest takovo i Vašoj Knjažeskoj Svetlosti na visočajše odobrenje u poniznosti predstaviti.

No 371  
8 Maja 1854. god.  
U Beogradu DA. Min.  
in. dela V. f II, 14

Predsedatelj Soveta  
General Major  
Kavaljer  
Stef. Stefanović

#### Konrad Morf

Pedesetih godina prošloga veka u onom aglomeratu raznih narodnosti u Majdanpeku: Srba i Vlaha iz Srbije i Banata, Nemaca iz Mađarske, Austrije i Nemačke, zatim Mađara, Ceha, Poljaka, našao se i Švajcarac Konrad Morf. U Majdanpeku je od maja 1853. god. Došao je iz kragujevačke topolivnice gde je »prigotivljavao modele za đulad«. U Majdanpeku se uposlio kao »nadziratelj furune i čekića«. Tada je imao 33 godine i godišnju platu od 500 talira. Za 1856. godinu ocenjen je sa priličnim; ne zna se da li se

zaista nije zalagao u poslu ili nije bio po volji ocenjivaču. Morf je opušten iz službe oktobra 1857. godine.

#### Jozef Sedelini

U našoj rudarskoj literaturi (Rud. top. vesnik 1940, str. 280) pomenut je rudarski inženjer Jozef Sedelini, koji je navodno među prvima došao u Majdanpek i tamo ispiti-vao stare radove i otvarao nove. U aktima državnog arhiva NRS samo jedanput sam naišao na podatke o inženjeru Sedeliniju, koji je postao merač rudnika posle Silberlajtnera. To je bilo negde 1853. godine, a ne u početku radova. Kasnije se ova ličnost nigde ne pojavljuje, iako sam nalazio nekoliko spiskova majdanpečkih službenika. Svakako je bio kratko vreme u Majdanpeku. Docnije, za vreme francuske uprave, Jozef Sedelini pratio je 1863. godine po Majdanpeku B. Kotu. On je kako čitamo u novinama (Svetovid 1863 br. 92) kao »nastojnik rudokopija... premerio i izradio generalnu kartu južnog i severnog rudokopija sa položenijem rudne varoši Knjaževstva Srbskog, sa celim izgledom i osnovom u Majdanpeku 1856. god.«

Više podataka ima o Jozefu Sedeliniju, koji je u Majdanpek došao kao radnik pa je tamo postao »podnastojnik«. U 1855. god. imao je platu 180 talira godišnje i zvanje pomoćnika nastojnika.

#### Jozef Barton

Rođen je u Erdelju negde oko 1805. god. u Kohenburgu (ili Honenburgu). »Normalne« škole svršio je u Sibinju, filozofiju u Klauzenburgu, a rudarsku akademiju u Semnicu. Govorio je nemački, mađarski, vlaški i latinski. Pre dolaska u Majdanpek služio je kao nadzornik u građevinarstvu, upravnik rudnika, kontrolor kod železara (»gvoždarnica«). Neposredno pred dolazak u Srbiju bio je »Nadziratelj rudokopija, čekića i upravitelj topionice gvožđa u Ruskbergu.«

U Srbiju je došao avgusta 1854. god., pregledao Majdanpek i vratio se natrag u Banat. Tek 18. decembra iste godine zaključio je ugovor sa ministarstvom finansija i otišao u Majdanpek sa ženom i petoro dece, gde je postavljen za upravnika topionice gvožđa. Za 1855. god. plata mu je iznosila 600 talira

godišnje i dodatak od 400 talira, jer je morao da radi više na završenju velike topionice gvožđa. Sledeće godine dodatak mu se po ugovoru smanjio za 200 talira. Treće godine nije uopšte primao dodatak već mesto toga »tantijemske krajcare«.

Maja 1855. god., ministarstvo finansija ocenilo je Bartona kao veoma korisnog stručnjaka, koji je »revnostću svojom i iskustvom u staroj topionici gvožđa livenje raznih parčeta u koliko je se nemajući dovoljno valjani modela, dalo, odpočeo, a osim toga i dobrim nastojavanjem oko urezivanja, udešavanja i sklapanja mašina parni i cilindar meova kod nove topionice gvožđa iskustvo i veliku upotrebitelnost svoju osvedočio«.

O kasnijem Bartonovom radu u Majdanpeku nisam našao podataka. Visoka peć, ko-

ju je izgradio, radila je svega nekoliko nedelja pa se srušila. Šta je, posle toga, čitavu godinu dana radio u Majdanpeku nepoznato je. Decembra 1857. god. njemu je isticao ugovor. Istoga meseca prestala je da radi »gvoždarnica« u Majdanpeku. Država se je prestala interesovati proizvodnjom gvožđa. Pri povratku u Austriju februara 1858. god. Bartonu je isplaćeno 1500 dukata na ime naknade, što je, prilikom dolaska u Srbiju, napustio 17 godina službe, koju je imao za penziju. I tako je, zbog rđavo sklopljenog ugovora, poneo nagradu od 1500 dukata upravnika topionice gvožđa, čija se visoka peć srušila. A. B r a j t h a u p t nam, u svom ekspezu o Majdanpeku veli da je Barton, pre nego je došao u Srbiju, podigao tri visoke peći i ove su odmah dobro radile.

## Kongresi i stručna putovanja

### *Treći sastanak direktora nacionalnih naučno-istraživačkih rudarskih instituta, Moskva, 1966.*

U okviru Ekonomske komisije za Evropu OUN-Komiteta za uglj-Potkomiteta za probleme rudarstva - održan je treći sastanak direktora naučno-istraživačkih rudarskih instituta u Moskvi od 22—26. XI 1966. g.

Na sastanku su bili predstavnici sledećih nacionalnih instituta: SSSR-a, Ukrajine, Engleske, Francuske, Jugoslavije, DR Nemačke, Čehoslovačke, Poljske i Rumunije.

Sastanku je predsedavao Prof. A. V. D o k u k i n (SSSR), direktor Rudarskog instituta »A. A. Škočinski«.

Predstavnik je pozdravio B. F. B r a t č e n k o, ministar za uglj SSSR-a i u kraćim crtama izneo stanje industrije uglja u SSSR-u i buduće perspektive, kao i razvoj naučno-istraživačkih i projektno-konstruktivnih radova koji se sprovede u SSSR-u.

Predsednik Komiteta za uglj OUN, prof. B. K r u p i n s k i obraćajući se predstavnicima naglasio je značaj naučno-istraživačkih radova u rudarstvu i značaj ličnog kontakta direktora pojedinih instituta u cilju unapređenja naučnih dostignuća.

U toku prva dva dana zasedanja pojedini predstavnici izneli su referate o naučno-istraživačkom radu, o problematiki i o značajnijim dostignućima iz oblasti naučno-istraživačkog rada u svojim institutima.

Naredna tri dana učesnici su posetili u Moskvi Rudarski institut »A. A. Škočinski« i Malahovski eksperimentalni zavod instituta Giprogugljavaš., a u Lenjingradu Svesavezni naučno-istraživački institut za rudarsku geomehaniku i merništvo (VNIMI) i Lenjingradski rudarski institut (fakultet).

Učesnici sastanka saglasili su se da je potrebna dalja i tešnja međunarodna naučno-tehnička saradnja iz oblasti rudarstva uglja, u okviru Komiteta za uglj, kao i savršenije forme te saradnje.

U vezi s tim dostavljen je upitnik svim učesnicima da odgovore: kojim se važnijim problemima institut bavi, koje eksperte bi želeli u rešavanju tih problema, koje stažere i po kojim problemima bi u 1967. g. mogli primiti, na kojim istraživačkim radovima bi saradivali i sl.

Od strane učesnika sastanka preporučeno je da instituti dalje rade na izučavanju sledećih problema:

- primena geofizičkih metoda u rudarstvu
- razvijanje kombajn-mašina na izradi hodnika
- razvijanje metoda dubljenja okna
- razvijanje novih metoda mernih instrumenata koji se primenjuju u istraživačke svrhe i u kontroli raznih procesa u rudarstvu
- nova sredstva i metode borbe sa prašinom.

Na kraju je zaključeno da se zamole nadležni organi Savezne Republike Nemačke da u 1968. g. organizuju sledeći sastanak direktora nacionalnih rudarskih instituta.

Prof. ing. B. G l u š č e v i ć

*Sovetovanje o pripremi železnih ruda, Zenica, 1967. godine.*

Pod pokroviteljstvom Udruženja jugoslovenskih železara i u organizaciji Metalurškog instituta »Hasan Brkić« u Zenici, održano je savetovanje o pripremi železnih ruda, 17. i 18. januara 1967. g. u Zenici.

Od strane Rudarskog instituta prisustvovali su: dr ing F. Šer, dipl. ing. A. Stojšić, dipl. ing. M. Milošević i dipl. ing. P. Bulatović. Prisustvovalo je oko 60 stručnjaka iz svih republika, koji su bili predstavnici naših železara, rudnika gvožđa i instituta koji tretiraju probleme obogaćivanja i pripremanja železnih ruda.

Podneti su sledeći referati:

Dipl. ing. Dragan Rejc: »Savremeni trendovi na području pripreme željeznih ruda«.

U ovome referatu daju se ekonomski aspekti obogaćivanja, metalurška vrednost, priprema i kompleksno iskorišćavanje železnih ruda, kao i procesi direktne redukcije željeza.

Dipl. ing. Miloš Vukovojac, dipl. ing. Milan Malbašić: »Problemi obogaćivanja ruda rudnika Ljubija«.

Zaključci ovog referata su bili da se sa radama centralnog revira postižu kvalitetni tehnološki rezultati kao i visoki ekonomski efekti, dok je potrebno nastaviti studiranje obogaćivanja sitnih ruda istočnih rudišta, pa se preporučuje izgradnja opitne separacije sa nižim kapacitetom.

Dipl. ing. Božo Koželj: »Sirovinski uslovi proizvodnje sirovog gvožđa u jugoslovenskim železarama«.

U referatu su na iscrpan način dati podaci o proizvodnji sirovog gvožđa u periodu od 1955. do 1965. godine. Data je proizvodnja, sirovinski uslovi i priprema ruda kod železara u Zenici, Jesenicama, Sisku, Varešu, Ilijašu, Smederevu i Štorama. Takođe su prikazane ocene sadašnjih i budućih priprema ruda u železarama.

Dipl. ing. Branko Mikoš i dipl. ing. Branko Vičić: »Problemi obogaćivanja ruda rudnika Vareš«.

U referatu su data dodatna ispitivanja praktičnih problema obogaćivanja željezne rude rudnika Vareš. Priložena je konačna tehnološka šema, koja je usaglašena sa glavnim potrošačem, odnosno železaram Zenica, tako da se tehnološki proces pripreme rude u Zenici logično nadovezuje na proces separiranja, bez ikakvog dupliranja postrojenja za pojedine faze obrade.

Na savetovanju su podneti i sledeći koreferati:

Dipl. ing. Vesna Kovačić i dipl. ing. Slavko Kovačić: »Ukrupnjavanje i pre-redukcija limonita iz Bešlinca«.

Dipl. ing. Slavko Kovačić, dipl. ing. Vesna Kovačić i dipl. ing. Milivoj Čop: »Magnezitirajuće prženje i magnetska separacija siromašne rude — branta iz Rudnika Bešlinac«.

Dipl. ing. Vladimir Logomerac: »Oplemenjivanje i priprema piritnih izgotetina za preradu u visokoj i elektro peći«,

A. Zorin: »Osvrt na metode ispitivanja željezonosnih sirovina radi njihove primene u tehnici obogaćivanja i proizvodnje sirovog železa«,

Dipl. ing. Anto Markotić: »Uslovi razaranja barita tokom procesa aglomeracije i peletizacije«,

Dipl. ing. Šandor Odri: »O mogućnostima prerade piritnih izgotetina u aglomeraciji«,

Dipl. ing. Šandor Odri: »Problemi zamene koks drugima sirovinama u procesu aglomeracije«,

Dipl. ing. Boris Stecenko: »Mogućnosti pripreme bakronosnih željeznih ruda i piritnih izgotetina«,

Dipl. ing. Steva Verbić: »Obogaćivanje oolitnih ruda sa područja Višegrada na bazi delimične magnetičnosti«,

Dipl. ing. Ivan Lolić: »Ispitivanje metalurškog obogaćivanja rude Vardišta, Višegrad«,

Dipl. ing. Vladimir Logomerac: »Kompleksna prerada crvenog mulja«,

Dipl. ing. Vladimir Logomerac: »Primena otpadne troske Bora u crnoj metalurgiji«,

Dipl. ing. Veljko Bakočević: »Ekstrakcija nikla iz nklonosnih železnih ruda sa područja Vardišta, Višegrad« i

Dr ing. Filip Šer: »Selektivna flokulacija kao metoda koncentracije«.

Dipl. ing. P. Bulatović

## Prikazi iz literature

**Naslov:** Transport čvrstih tela kroz čelične cevovode (Transportovanie tverdyh materijalov po stal'nyh truboprovodam)

**Izdavač:** NEDRA, Moskva, 1966. god.

Ova knjiga predstavlja ruski prevod engleskog originala koji nosi naslov »The transportation of solids in steel pipelines« i koju je priredio Istražni zavod rudarskog fakulteta u Golden (Colorado, SAD). Knjiga daje potpuni pregled svih vrsta transporta cevima, s tim što je detaljno obrađen samo hidraulički transport kroz horizontalne cevovode. Zbog velike obimnosti materijala koji je obrađen, knjiga je podeljena na glave; pri tome se u prvim dvema glavama nalaze uvodna razmatranja i kratak istorijat transporta cevovodima.



U trećoj glavi sažeto je današnje poznavanje teorije o ponašanju čvrste faze u mešavini sa vodom kod različitih brzina strujanja. Zbog olakšanja shvatanja ovih malo istraživanih pojava, u knjizi je data kratka nomenklatura sa definicijama glavnih izraza iz ove oblasti. U kratkom izvodu dati su rezultati istraživanja R. Duranda i E. Condoliosa te Newita i njegovih saradnika. Takođe su navedene glavne formule koje su pomenuti istraživači izveli iz rezultata mnogobrojnih opita kao i teoretske analize. Kao dopuna i proširenje, u knjizi su dati rezultati i formule do kojih su došli W. E. Wilson, R. C. Worster, H. E. Babbitt i D. H. Caldwell.

U četvrtoj glavi obračunata su tri praktična primera transporta kroz cevi i to za: ugallj, krečnjak i takonit. Svaki primer je obračunat sa dva različita granulometrijska sastava. Uz ove primere priloženi su dijagrami hidrauličkog pada za vodu u cevima svih prečnika, koji u praksi dolaze u obzir, i za različite brzine strujanja. Hrapavost cevi uzeta je u obzir u 4 stepena sa Hazen-Williamsovom koeficijentom. Ovom su priklučeni i drugi dijagrami koji ubrzavaju način obračunavanja.

Faktori, koji pokazuju poseban uticaj na ponašanje mešavine u cevovodu, posebno su analizirani u 5. glavi. Tako su data uputstva za određivanje efektivnog i ekvivalentnog prečnika zrna, formule za određivanje brzine taloženja čestica u Stokesovom i Newtonovom području, kao i način određivanja u prelaznom području između prvog i drugog. Analiziran je uticaj nepravilnog oblika zrna i upoređen sa sferičnim oblikom, te je dat i način određivanja koeficijenta taloženja (koeficijent trenja) za jedno sa prikazom vrednosti konstantnih faktora koji prate ovaj proces. Kao uslov za tačno određivanje koeficijenta taloženja postavljena se prethodno eksperimentalno određivanje brzine taloženja. Posebno je naglašen uticaj konsistencije kao reološke osobine. Za određivanje konsistencije potrebni su aparati zvani konsistometri. Sematski i opisno je prikazana konstrukcija Devaney-Sheltonovog konsistometra. Uz to su naznačene krive pomoću kojih se mogu baždariti ovi instrumenti.

Šesta glava opisuje ukratko upotrebu cevi pri iskopavanju peska i ostalih sipkih materijala. Sedma glava je posvećena pneumatskom transportu, ali se u njoj ne nalaze nikakvi detalji za obračun i projektovanje. Osmu glavu obrađuje uređaje i ostale prateće pojave hidrauličkog transporta. Nakon kratkog opisa pumpe, koje se upotrebljavaju pri hidrauličkom transportu, prelazi se na analizu mogućnosti začepljenja cevovoda, na načine sprečavanja ove pojave, na habanje cevi i metode projektantskog određivanja veka trajanja, kao i na sredstva koja sprečavaju koroziju cevi. Zaštitna sredstva su dvojaka, prva se primenjuju pri ugrađivanju, a druga su dodaci (inhibitori) mešavini. Poseban način zaštite predstavlja katodna zaštita cevi. Analitički je takođe obrađena pojava hidrauličkih udara, a na kraju su dodata kratka predviđanja investicionih ulaganja i troškova transporta. Opis pojedinih detalja iz ove glave ima naročitu vrednost za projektante uređaja hidrauličkog transporta.

U prilogu knjige nalaze se tablično i sistematski sređeni podaci za 52 cevovoda o njihovim pogonskim parametrima. U ovim tablicama je moguće naći podatke za primere transporta jako raznovrsnog materijala u velikom dijapazonu transportnih količina. Za svaki cevovod su dati podaci o cevima (dužina, prečnik, debljina zida, način spajanja, način montaže, maksimalni uspon i cena), o transportnim uređajima (glavna i pomoćne pumpne stanice, broj pumpi u pogonu i rezerve, snaga, kapacitet), o parametrima transporta (količina materijala, krupnoća zrna, specifična težina čvrste faze i mešavine, koncentracija, pritisak u cevovodu i opis svih detalja koji se nalaze na postrojenju).

Posebno je potrebno napomenuti da se na kraju knjige nalaze 253 bibliografska podatka, ali su oni pretežno skupljeni iz engleskog govornog područja.

A. M. K.

J. H. Wilson: **Otkopavanje velikom bušilicom (odžerom) pokazuje snažan porast učinka** (Auger mining... Productivity powers growth). — »Coal Age« (1966)11, str. 56—62, 12 sl. i 1 dijag.

Otkopavanje bušilicom velikog prečnika uvedeno je oko 1940. god. kao »treći način« proizvodnje uglja, pored jamskog i površinskog otkopavanja. Ovaj način se primenjuje kako na površini tako i pod zemljom. Odžerovanjem se smanjuje količina pripremnih radova u jami, a na površinskom kopu skidanje jalovine velike moćnosti. Pored toga uštede se troškovi zakonom propisane rekultivacije površine. U SAD se dobija odžerovanjem svake godine oko 20% uglja više. Ovim »trećim načinom« se postiže sledeće:

— otkopavaju se takođe oni delovi sloja koji bi inače bili nepovratno izgubljeni. Time se poboljšava iskorišćenje otvorenog ležišta;

— odžerovanjem se postižu najviši učinci u rudarstvu. Dok je u 1965. god. iznosio jamski učinak 14,0 t/nadn. i na površinskim kopovima 32,0 t/nadn., to je na odžerovanju bio učinak 45,9 t/nadn.

U 1960. god. odžerovanje se primenjivalo na 346 rudnika i dobijeno je oko 8.000.000 t uglja, odn. oko 23 000 t po rudniku. Već u 1965. god. proizvedeno je 14,2 miliona t ili oko 35 000 t po rudniku. U 1966 god. se očekuje proizvodnja preko 15 mil. t.

Većina rudnika gde se primenjuje odžerovanje ima slojeve bituminoznog uglja moćnosti 0,9 do 1,5 m. Na površinskim kopovima je najpovoljnije, ako odžerovanje sledi neposredno iza bagerovanja. Tako se uštedi vreme čišćenja i iskoriste postojeći odvozni putevi. Oprema se sastoji od bušaće glave, bušilica koje se nastavljaju, pogonskog agregata, utovarnih uređaja i odvoza. Horizontalna dubina dostiže do 75 m. Svrkla imaju prečnik od 53 do 230 cm. Pogonski motor mora biti jak i njegova snaga se kreće između 100 do 500 KS, zavisno od prečnika svrdla, dubine otkopavanja i čvrstoće uglja.

Raspored bušotina može biti različit, ipak uglavnom, ili u jednom ili dva reda. Prema

krovini i podini ostavlja se oko 15 cm uglja. Isto tako su pojedine bušotine međusobno razmaknute, a razmak zavisi od osobina uglja. Jako važan činilac je pravilan izbor odžerskog uređaja. Autor daje opis nekoliko tipova ovih mašina, uključujući najnovije modele. Cena mašina kreće se od 35 000 do 250 000 US dolara.

A. M. K.

F. A. Jerabek i H. L. Hartman: **Pneumatsko zasipavanje u rudniku**, I deo: Pneumatski transport zasipnog materijala. II deo: Primena zasipavanja (Mine backfilling with pneumatic stowing. Part I. Pneumatic conveying of stowing material. Part II. Applications of stowing. Mining Congress J. (1966), 5, str. 51—60 i (1966) 6, str. 69—79, bibl. pod. 17.

Kada hidrauličko zasipavanje pokazuje slabe strane u primeni, naročito zbog vode koju treba dizati na površinu ili ako voda oštećuje slojne prilike, onda se često zamenjuje pneumatskim zasipavanjem. Pneumatsko zasipavanje je naročito povoljno u strmijim ležištima i ako je sloj jako tanak. Poseban primer njegove primene je zapunjavanje ruševina u području glavnih hodnika.

Mada se pneumatski transport zasipa primenjuje već dugi niz godina, ipak on nikada nije bio brižljivo i studiozno analiziran. Projekti zasipnih uređaja zasnovani su na iskustvima. Poteškoće nastupaju zbog iznenadnih promena u materijalu (veća vlažnost, veća lepljivost, povećana abrazivnost itd.).

Autor analizira, kao prvo, razliku između brzine vazduha i materijala u cevi. Rezultate daje u dijagramu i to za zrna od 1, 10, 40, 60 i 80 mm. Dalje analizira pad pritiska vazduha u dvofaznoj mešavini gasa i čvrstog tela i polazi od Fanningove formule. U dijagramima daje odnos pada pritiska prema koncentraciji, odn. opterećenju vazduha. Rezultate svojih istraživanja upoređuje s rezultatima drugih istraživača, u prvom redu Peter-a i Gasterst-a ed t -a.

U analizi potrošnje energije istu deli na:

- potrošnju energije za ubrzanje vazduha,
- potrošnju energije za ubrzanje zasipnog materijala,
- gubitke energije zbog trenja materijala na zidu cevi,
- gubitke zbog trenja vazduha na zidu cevi, i
- potrošnju energije za savlađivanje vrtloženja.

Za svaku potrošnju energije daje formulu kojom se ona određuje.

Nakon opisa regulacije vazduha, autor daje praktičan primer obračuna svih zasipnih parametara. Posebno opisuje 3 tipa zasipnih mašina, kao i cevi, materijal za cevi, način posebne izrade i njihovo međusobno spajanje.

U drugom delu članka autor najpre utvrđuje kakav materijal je povoljan i koje su slabe osobine zasipnog materijala.

Naročito smatra važnim da je ubačeni zasip dobro cementovan i zgusnut. Jako slabu stranu pneumatskog zasipavanja predstavljaju njegovi visoki troškovi. Prvo, materijal treba dopremiti do posebnog bunkera koji je izgrađen u ovu svrhu, a onda vozovima ili trakastim transporterima do zasipne stanice. Obično su potrebni uređaji za drobljenje zasipnog materijala. Sama čeljusna drobilica nije dovoljna jer propušta suviše duguljastih zrna.

Prednost pneumatskog zasipa je u tome što se lako zadrži u prostoru i zbog niskog sadržaja vode ne proizvodi hidrostatički pritisak. Poseban uređaj predstavlja pokretni zid za zadržavanje zasipa koji pokreće vitao. Ovaj zid je izrađen od lakog metala i gumenih ploča.

Velika slabost ovog načina zasipavanja leži u uskovitlavanju velikih količina prašine u jamskom vazduhu. Kao prvu meru za sprečavanje prašine autor smatra korisnim smanjenje količine vazduha do minimuma. Dalje mere za suzbijanje prašine jesu: izolacija, vlaženje materijala i posebni uređaji za skupljanje prašine. Inače, uz primenu ovih mera, pneumatsko zasipavanje može se primeniti kod svih otkopnih metoda.

Na kraju članka autor poredi rezultate 5 različitih zasipnih stanica iz Nemačke i Francuske te navodi pojedinačne i ukupne troškove pneumatskog zasipavanja za različite primere u SAD.

A. M. K.

**Jamsko otkopavanje kod Pittsburg and Midway kompanije za uglj — efikasnost u proizvodnji** (P & M Deep Mining ... Efficiency in Production). — »Coal Age« (1966) 10, str. 109—115, 11 sl., 7 sk.

Kompanija proizvodi trećinu svoje proizvodnje u dve jame De Koven br. 6 i br. 9 u Kentakiju. U jamama razvodi se električna energija visokog napona 7.200, odn. 13.200 V. Uposleno je ukupno 465 radnika, 230 i 235, koji daju dnevnu proizvodnju 8400 i 6600 t. Ugalj se utovaruje nakon separisanja na šlepove na reci Ohajo.

Otkopavaju se dva sloja od 1,5 i 1,25 m, podina je vatrostalna glina a direktna krovina škriljci. Pad sloja iznosi oko 5°. Jama br. 9 je otvorena sa 8 niskopa, širokih 5,5 m, koji su na međusobnom odstojanju po 18 m. Na razradi i pripremi primenjen je sistem od 7 hodnika. Otkopi su 9 m široki i 70 m dugački. Stubovi se ostavljaju neotkopani. U jami br. 6 primenjen je sistem sa po 12 hodnika, a otkopi su dugački 93 m.

U obe jame primenjena je standardna otkopna oprema, ali se ispituje takođe mogućnost upotrebe neprekidnih kopačica. Radi se u 2 smene, u jami br. 9 radi 5, a u jami br. 6 radi 6 otkopnih jedinica. Otkopnu jedinicu sastavljaju: 1 utovaračica (Joy 14 BU), 1 zasekačica (Joy 15 RU) sa dubinom zasecanja 3,3 m, 1 bušilica (Joy CD-71A), 3 jamska kamiona (Joy 16 SC ili 18 SC), 1—2 mašine za podgrađivanje

(Galis 320) i posada od 10 ili 12 radnika sa 1 predradnikom.

Otkopna jedinica izradi prosečno 27 zaseka u smeni, a najviše je postignuto 38 zaseka i 1460 t u smeni po otkopnoj jedinici.

Podgrađuje se isključivo ankerisanjem i to na dubini 0,9 do 1,1 m. Sve radove na podgrađivanju obavi mašina.

Za odvoz ugalja iza jamskih kamiona služe isključivo gumeni trakasti transporteri sa širinom trake 1,07 do 1,22 m. U svakoj jami radi oko 5.500 m transporter a sa prosečnom dužinom 400, odnosno 600 m. Ljudi i materijal dovoze se posebnim malim baterijskim kamionetima.

Jamu br. 6 provetrava ventilator sa pogonom 700 KS koji daje oko 6.000 m<sup>3</sup>/min. U jami nema pomoćnih ventilatora. Odvodnjavanje je prosto i bez poteškoća.

A. M. K.

R. G. Gunter: **Miniranje kašastim eksplozivima** (Blasting with Slurry Explosives). — Min. Cong. J. (1966)9, str. 70—72, 4 sk.

Kašasti eksplozivi potpuno ispunjavaju bušotinu i imaju gustinu oko 1,4 i brzinu prenosa eksplozije oko 5.100 m/s. Oni su neosetljivi na vodu i pogodni naročito u tvrdim stenama gde treba smanjiti bušenje na račun jačih eksploziva. Mogu se ubacivati direktno u vodom napunjene bušotine.

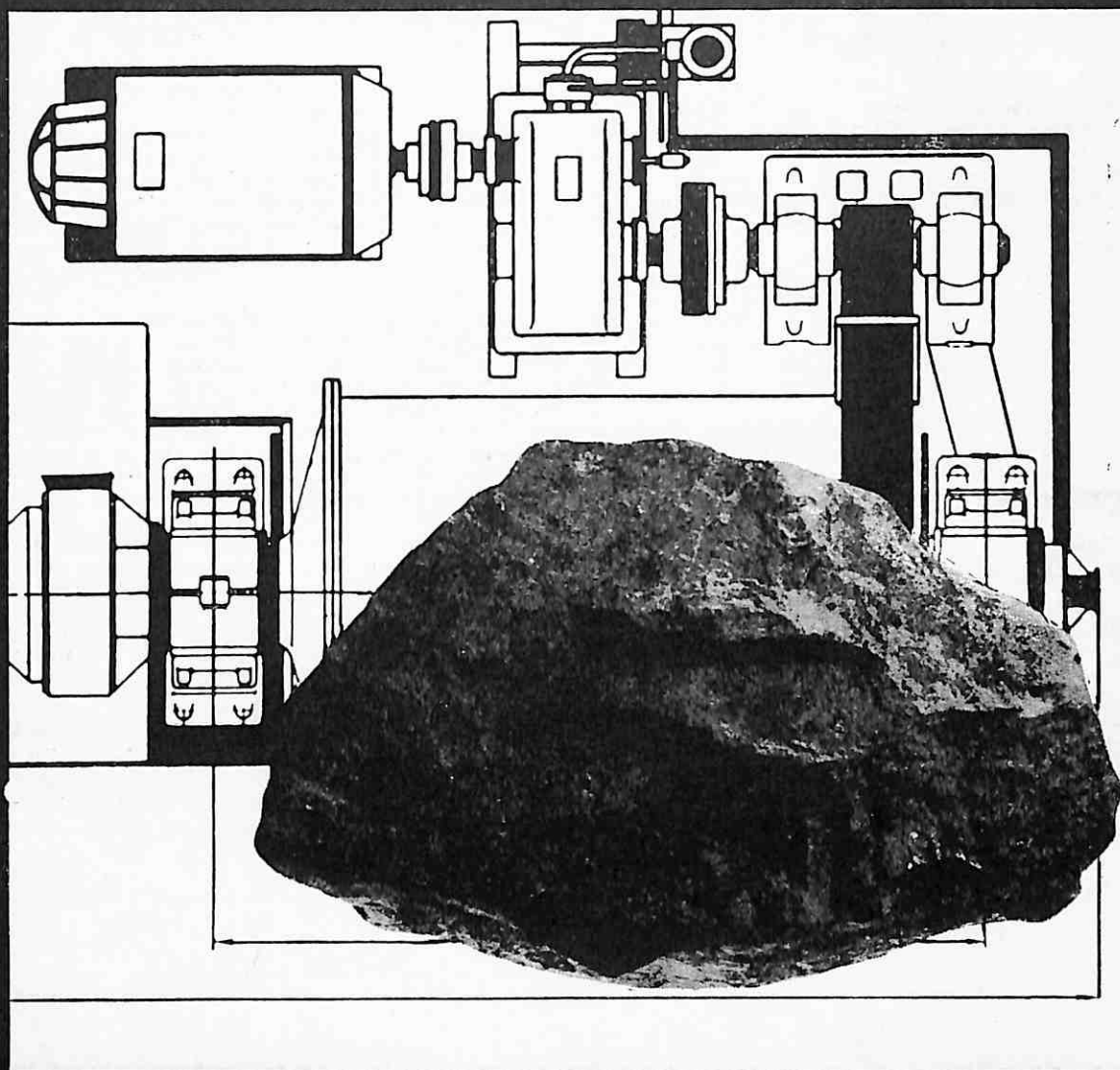
Međutim, kašasti eksplozivi imaju jakog takmaca u AN/FO eksplozivima. Dok su AN/FO

eksplozivi sastavljeni od amonijum nitrata i nafte, znači od jeftinih sastojaka, u kašastim eksplozivima se nalaze voda, amonijum nitrat, natrijev nitrat, osetljivi sastojci, gorivo, guma i ostali sastojci. Kašasti eksplozivi mogu biti za 30 do 15%, zavisno od njihovog sastava, jači od AN/FO eksploziva, ali zato mogu biti i do 24% skuplji. Tako dolazi u pitanje da li je veći trošak u eksplozivu nadoknađen smanjenom količinom bušenja.

Primena kašastih eksploziva postaje, pak, skoro neophodna kada je geološki profil duž bušotine jako različit, naročito u pogledu čvrstoće stene. Kada bušotina preseca jednu, dve ili čak 3 ploče krečnjaka, dolomita ili drugih tvrdih stena koje se nalaze u mekšim stenama, onda se najbolji učinak postiže ako se primeni »skrojeni« energetski profil eksploziva, tj. diferencirani profil energetske linije. Takav profil se može postići ako se primenjuju jači eksplozivi u delu bušotine koji prolazi kroz tvrde stene. Diferencirani profil se postiže ako se u AN/FO eksploziv ubaci jak kašasti eksploziv na određenim visinama bušotine, ili pak, ako se bušotina puni kašastim eksplozivom kome se, prema potrebi, menja gustina. Gustina se može prilagođavati različitim otvaranjem ventila i to od 0,7 do 1,5.

Ovim poslednjim načinom može se postići baš odgovarajući diferencirani energetski profil, a time do maksimuma iskoristiti energija eksploziva. Takvim miniranjem mogu se znatno smanjiti troškovi miniranja na površinskim kopovima.

A. M. K.



Već više od 100 godina gradimo, projektiramo i isporučujemo u čitavom svijetu cijenjena postrojenja, strojeve i opremu za preradu ruda i srodnih sirovina.

**NAS PROGRAM ISPORUKA POJEDINAČNIH STROJEVA OBUHVACA:**

- mlinove na bubanj
- strojeve za flotiranje
- klatne stolove
- taložnice sa klipnim pogonom
- mješalice
- peći sa kratkim bubnjevima
- odvajače slojeva
- rotirajuće cijevne peći za metalurške procese
- rashladne bubnjeve
- postrojenja za obogaćivanje željezne rude po Renn-postupku
- uređaje za sinteriziranje
- uređaje za valjanje — kao i
- magnetske odvajače.

**ZAHITIJEVAJTE NEOBAVEZNO NAS PROSPEKTI MATERIJAL**

**VEB SCHWERMASCHINENBAU**  
**ERNEST THÄLMANN,**  
**3011 Magdeburg-Buckau**  
**Njemačka Demokratska Republika**

ZASTUPNIK ZA SFRJ:  
**OMNIKOMERC**  
**BEOGRAD**  
**LOLE RIBARA 22**



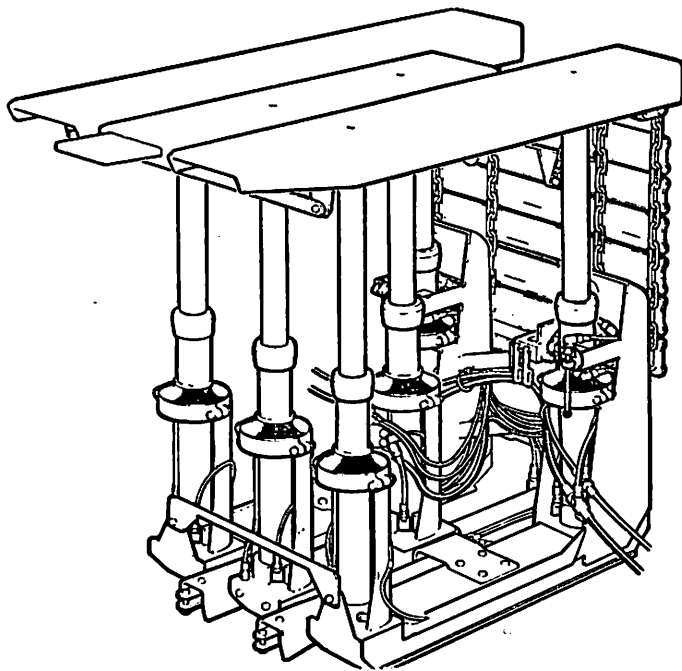
**INVEST EXPORT**

Deutscher Innen- und Aussenhandel  
 108 Berlin, Taubenstrasse 7/9  
 Telegrami: DIAINVESTA  
 Telex: 011 2695 diaie dd  
 Njemačka Demokratska Republika

# RUDARSKA OPREMA DOWTI ODGOVARA SVIM SLOJNIM USLOVIMA

## PODGRADNI BLOKOVI ZA MOĆNE SLOJEVE

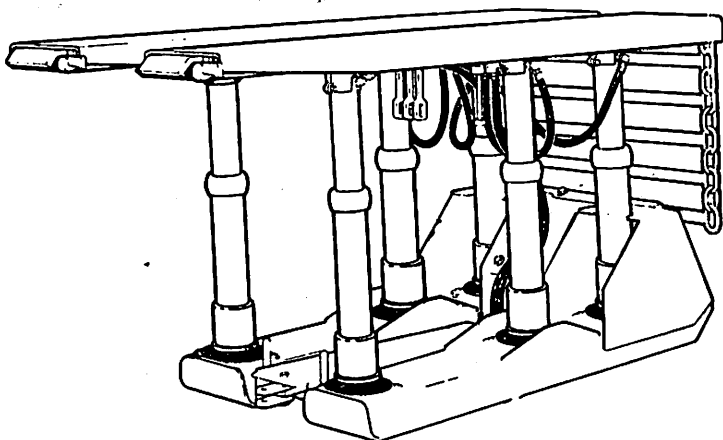
Ovo je dograda koja automatski napreduje, koja je podešena za slojeve od 213,36 cm do 365,76 cm i koja pruža stabilnost i rano podgrađivanje unapred. Stabilnost i samodejno upravljanje za nagibe bez dodatnih veza. Široko pokrivanje stropa — samo 3,81 cm između slemenjača i 12,7 cm između susjednih blokova podgrade. Dvostupačni okvir čini vodiču za spoljni blok kako bi se osiguralo držanje podgrade u liniji. Minimalna otvorenost stropa pri napredovanju podgrade — 60,96 cm je ujedno maksimalna u bilo koje vreme upotrebe. Spoljna jedinica je stabilna sve do 304,8 cm visine i do 21° nagiba. Za moćnije slojeve i strmije nagibe je na raspolaganju dodatni pribor protiv prevrtanja.



## PODGRADNI BLOKOVI ZA SREDNJE MOĆNE SLOJEVE

Upotrebljava se za eksploatacione visine koje se kreću od 106,68 cm do 198,12 cm. Stupci su udubljeni u grede kako bi se postiglo što veće moguće kretanje. Čvrste slemenjače odupiru se prodiranju u tlo i povećavaju stabilnost. Nezávisno ili prosto upravljanje stupcima sa opružnim vraćanjem do neutralnog položaja. Dvostrano dejstvujući povratni okvir centralizuje podgradni blok i dozvoljava čišćenje prijavštine između podinskih greda. Prethodno opterećeni okviri zbog sigurnog naknadnog upravljanja stupaca. Konstrukcija zadnje strane koja spaja podinske grede štiti takođe od ispiranja otpadaka. Prema izboru moguć podupirač za neposredno podgrađivanje stroja unapred. Krute ili člankasto spojene grede.

Takođe se mogu dobiti BLOKOVI ZA PODGRAĐIVANJE TANKIH SLOJEVA sa visinom koja se kreće od 68,38 cm do 137,16 cm i koji su podesni za strme slojeve. Imaju dugačak korak, lak pristup do mašinskih delova, maksimalno hidrauličko pomeranje i provetranje.



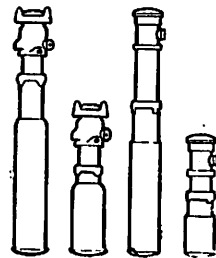
## HIDRAULIČKI STUPCI

Niz čvrsto izrađenih stupaca koji imaju dugi vek trajanja, niske troškove održavanja te lako i bezbedno izvlačenje.

»DUKE« 20 ili 25 t — najčvršći, najefikasniji i najtraženiji stupac na svetu. Osam osnovnih dimenzija sa izmenljivim produženjem pri stropu za slojeve od 60,96 cm do 215,9 cm.

»DUCHESS« 20 t — niski troškovi — za slojeve od 60,96 cm do 304,8 cm.

POSETITE NAS NA V MEĐUNARODNOM RUDARSKOM KONGRESU I IZLOZBI U MOSKVI OD 8. DO 19. JULA 1967. GODINE.



DOWTI MINING EQUIPMENT LIMITED - ASHCURCH - GLOS - ENGLAND

**DOWTY**

**15 GODINA**

---



**15 GODINA**

**IZVOZA ŠINSKIH  
VOZILA**

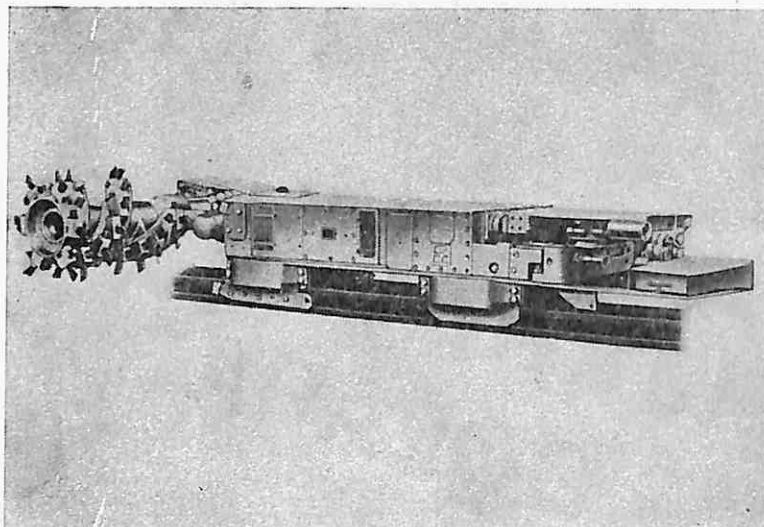
**U VREDNOSTI OD**

---

Transportmaschinen Export-Import  
Deutscher Innen- und Aussenhandel  
108 Berlin  
Njemačka Demokratska Republika  
Telegrami: DIATRANS

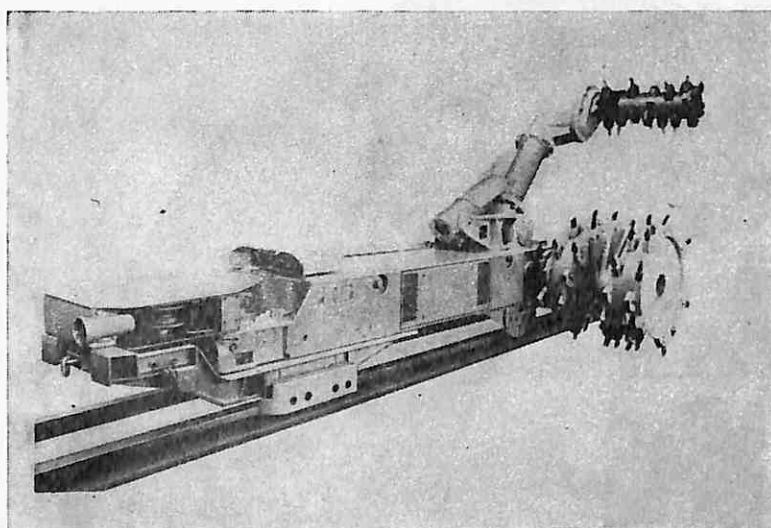
**MILIJARDI  
DOLARA**





Kombajn KSV — 33

# NAJVIŠA TEHNIKA U NAJDUBLJIM SLOJEVIMA ZEMLJE



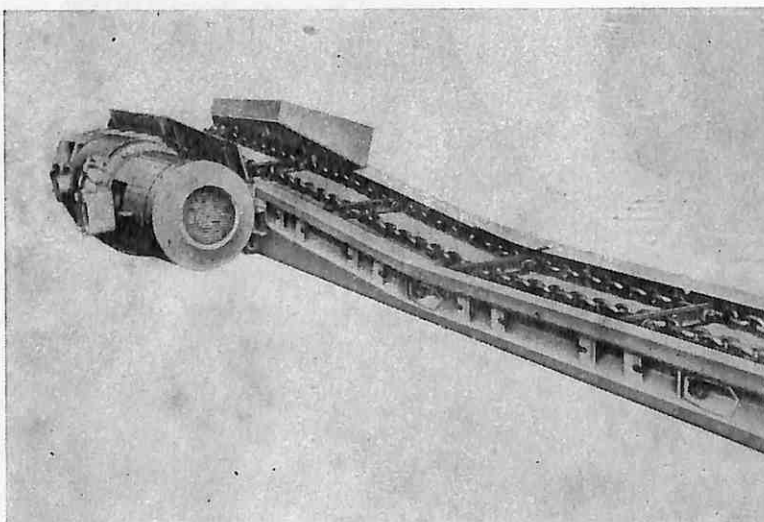
Kombajn KSV — 80

## MAŠINE KOJE ZNAČE

- kapacitet
- sigurnost
- rentabilnost

## MAŠINE ZA MODERNO DOBIJANJE MINERALA

- zasekačice
- kombajni za uglj
- skreperi
- transportni uređaji
- motori na komprimirani vazduh
- ostali uređaji i postrojenja za preradu uglja, metala i nemetala.



Grabuljasti transporter TH — 30

ZA SVA OBAVEŠTENJA I PONUDE  
OBRATITE SE UVOZNIKU

**„STROJEXSPORT“**  
PRAHA

ILI GENERALNOM ZASTUPNIKU ZA SFRJ

**»BALKANIJA«**  
Beograd

Gračanička 14. tel. 629-588.



## RUDARSKO - TOPIONIČARSKI BAZEN

# »ZAJAČA«

*Bavi se proizvodnjom:*

### 1. ANTIMONA

- a — antimon-regulusa kvaliteta 99,60% Sb sa 0,08% As i 0,20% Pb
- b — antimon-trioksida kvaliteta 96%  $Sb_2O_3$
- c — antimon-trioksida visoke čistoće, od 99,6 — 99,8%  $Sb_2O_3$
- d — antimon-trisulfida

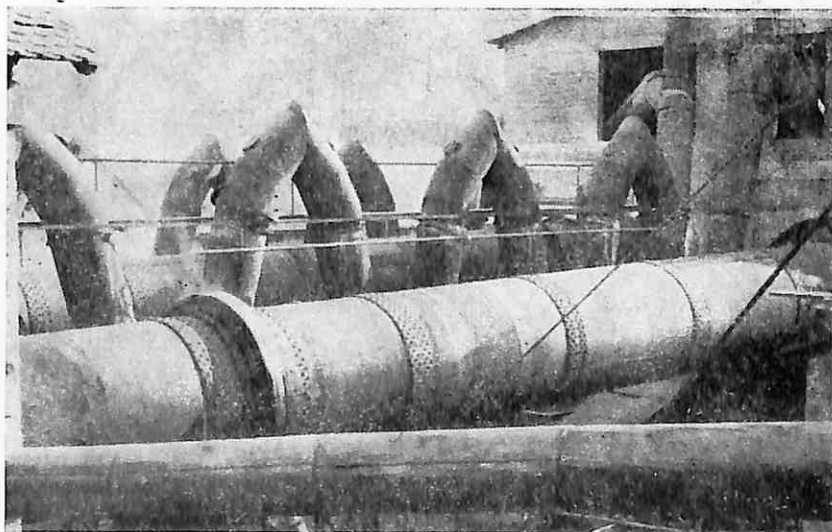
### 3. KVARCNOG PESKA

- a — rovni kvarcni pesak kvaliteta 92%  $SiO_2$
- b — livački kvarcni pesak kvaliteta 98%  $SiO_2$  i max. 0,2%  $Fe_2O_3$
- c — staklarac — kvaliteta 98,5%  $SiO_2$  i max 0,08%  $Fe_2O_3$
- d — filer kvaliteta 97%  $SiO_2$  sa 80% — 0,1 mm i drugim nuz proizvodima.



### 2. OLOVA I CINKA

- a — olovni koncentrat kvaliteta 73% Pb
- b — cink - koncentrat kvaliteta 50% Zn
- c — piritni koncentrat kvaliteta 48% S



*Svim svojim saradnicima*

čestita **1. MAJ** praznik rada

***Rudarski institut - Beograd***

TEHNIČKI REDAKTOR I KOREKTOR: M. MARKOVIĆ I M. PETROVIĆ — NASLOVNA  
STRANA: A. KATUNARIĆ — SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO  
U RUDARSKOM INSTITUTU BEOGRAD) — FOTO: S. RISTIĆ

