



1 BROJ
65 GOD

RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIE
ŠTAMPA: „SAVREMENA ADMINISTRACIJA” — GRAFIČKI POGON „BRANKO ĐONOVIC”,
GUNDULIĆEV VENAC 25, BEOGRAD

1
65

BROJ

COD

RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S
B U L L E T I N D E S M I N E S
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
BERGBAUZEITSCHRIFT

GLAVNI UREDNIK

Dipl. ing. MOCO SUMBULOVIC, sekretar Saveta industrije i rudnika nemetalica Savezne privredne komore, Beograd.

ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA:

Dipl. ing. ALEKSANDAR BLAŽEK, viši savetnik, saradnik Rudarskog instituta u Beogradu.

Dipl. ing. MIODRAG ČEPERKOVIĆ, generalni direktor preduzeća „Rudnici i železare Smederevo”, Beograd.

Dipl. ing. SLAVKO DULAR, savetnik u Udruženju jugoslovenskih železara, Beograd.

Dipl. ing. KIRILO ĐORĐEVIĆ, direktor projektantskog zavoda „Projmetal”, Beograd.

Dipl. ing. BLAGOJE FILIPOVSKI, načelnik Odeljenja za rударство Sekretarijata za industriju SR Makedonije, Skopje.

Dipl. ing. BRANKO GLUŠČEVIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Dipl. hem. NIĆIFOR JOVANOVIC, naučni saradnik, upravnik Biroa za analitičku hemiju u Rudarskom institutu, Beograd.

Dipl. ing. VJEKOSLAV KOVAČEVIĆ, savetnik, poslovno udruženje „Rudarstvo”, Sarajevo.

Dr ing. ĐURA LEŠIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Dr ing. DRAGOMIR MALIĆ, redovni profesor Tehnološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

Dipl. ing. IVO MARINOVIC, savetnik u Sekretarijatu za industriju IV SR Hrvatske, Zagreb.

Dipl. ing. JOVAN MIHAJLOVIC, viši stručni saradnik, upravnik Zavoda za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu, Beograd.

Dipl. ing. RISTO MISITA, viši savetnik Jugoslovenskog zavoda za standardizaciju, Beograd.

Dipl. ing. LJUBOMIR NOVAKOVIC, viši stručni saradnik, upravnik Zavoda za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd.

Dipl. ing. TVRTKO ODIĆ, sekretar Saveta za metalurgiju i nemetale Privredne komore Srbije, Beograd.

Dr ing. MIRKO PERIŠIĆ, direktor Rudarskog instituta, Beograd.

Dipl. ing. BOŽIDAR POPOVIĆ, naučni savetnik, saradnik Rudarskog instituta, Beograd.

Dr ing. KAREL SLOKAN, redovni profesor Fakulteta za rударство, metalurgiju in kemijsko tehnologijo, Ljubljana.

Dipl. ing. BORISLAV SPASOJEVIĆ, predsednik Saveta za energetiku Privredne komore SR Srbije, Beograd.

SADRŽAJ

INDEX

Dipl. Ing. RUDI AHČAN	
<i>Uticaj radne sredine na uslove eksploatacije slojeva lignita u jami Ćirkovac IEK — Kostolac</i>	5
<i>The Influence of the working Circumstances on the Exploitation Conditions of the Lignite Seams in Ćirkovac Mine IEK Kostolac</i>	18
PROF. ING. N. NAJDANOVIĆ — DIPLOM. ING. R. OBRADOVIĆ	
<i>Komparativna analiza proračuna stabilnosti etaža površinskog otkopa i odlagališta sa uprošćenim postupkom određivanja kritične klizne površine</i>	19
<i>Vergleichweise Analyse der Stabilitätsberechnung für Tagebauströssen und Kippen nach vereinfachten zur Bestimmung der kritischen Gleitflächen</i>	36
PROF. ING. DRAGUTIN DAMJANOVIĆ	
<i>Masivne konstrukcije u rudarstvu. I. Potporni zidovi</i>	37
<i>Constructions massives dans l'exploitation des mines. I. Murs de soutènement</i>	44
PROF. DR ING. SLOBODAN JANKOVIĆ	
<i>Ležišta i metalogenetske epohe bakra u Jugoslaviji</i>	45
<i>Kupfererz Lagerstätten in Jugoslawien und ihre metallogenetische Epochen</i>	58
PROF. DR ING. ĐURA LEŠIĆ	
<i>Novi pojmovi u procesu koncentracije nekog korisnog minerala u rudi: ekstraktivni i neekstraktivni utočište minerala</i>	59
<i>A new Index for the Extractability in the Concentration Processes</i>	64
Dipl. Ing. LJ. NOVAKOVIĆ — DIPLOM. ING. M. ANTIĆ —	
Dipl. Ing. M. VESOVIĆ	
<i>Uticaj pepela sa niskom temperaturom topljenja na proces sagorevanja ugljeva u ložištima kollova i izbor pogodnih mešavina</i>	65
<i>L'influence de la cendre à température basse de la fusion le procès de la combustion des charbons dans les foyers des chaudières et le choix des mélanges correspondants</i>	73
PROF. ING. VASILije PAVLOVIĆ	
<i>Kibernetika i rudarstvo</i>	75
<i>Cybernetique et mines</i>	79

Iz rudarske prakse

DIPL. ING. KONSTANTIN ČUKMASOV	
<i>Teorija amalgamacije plemenitih metala</i> — — — — —	81
<i>Théorie d'amalgamation des métaux précieux</i> — — — — —	97
DIPL. ING. ĐURA MARUNIĆ	
<i>Mogućnost koncentracije oksida antimona iz šljaka kao i oksida nekih drugih metala iz sirovina koje se ne mogu koncentrisati metodom flotacije ili mokromehaničke separacije</i> — — — — —	99
<i>Possibility of Concentration of Antimony Oxides from Slags and Oxides of some other Metals from Ores which cannot be treated by Flotation or by wet Processes</i> — — — — —	104
DIPL. ING. ĆEDOMIR PEŠIĆ	
<i>Problemi proizvodnje i potrošnje glina — osvrt na gline Prijedorskog basena</i> — — — — —	105
<i>Problems of Clay Production and Consumption — View on Clay from Prijedor Deposit</i> — — — — —	112

Iz istorije rudarstva

DR VASILIJE SIMIĆ	
<i>Rudarstvo na olovno-cinkovom rudištu kod sela Kučajne</i> — — — — —	113

Kongresi i stručna putovanja

DIPL. ING. LJUBOMIR NOVAKOVIĆ	
<i>Svetska konferencija za energiju, Lozana, 1964. god.</i> — — — — —	135
DIPL. ING. RUDI AHČAN — DIPL. ING. BLAŽO ĐUKIĆ	
<i>Međunarodna konferencija po temi „Likvidacija otkopanih područja” Ostrava — Radvanice, 1964. god.</i> — — — — —	136
PROF. ING. MILOVAN ANTUNOVIĆ KOBLIŠKA	
<i>6. međunarodni sastanak Internacionallnog biroa za mehaniku stena, Lajpcig, 1964.</i> — — — — —	138
DIPL. ING. MIRA MITROVIĆ	
<i>Jugoslovensko savetovanje s otpadnim vodama i zaštiti voda od zagadivanja, Beograd, 1964. god.</i> — — — — —	139

Prikazi iz literature

Uticaj radne sredine na uslove eksplotacije slojeva lignita u jami Čirikovac IEK – Kostolac

(sa 8 slika)

Dipl. ing. Rudi Ahčan

Opšti podaci

Velenjska otkopna metoda primenjuje se u jami Čirikovac za otkopavanje sloja lignita prosečne moćnosti oko 8,0 m. Princip metode je istovremeno otkopavanje sloja moćnosti oko 6,0 m. Preostali deo sloja cca 2,0 m ostavlja se kao zaštitna ploča prema podini, koju predstavljaju podinske gline male nosivosti i jake bujavosti. Sloj lignita se otkopava u dva pojasa i to: donji pojas širokim čelom, dok se gornji pojas dobija obrušavanjem uglja iz stropa, kako je to prikazano na slici 1.

Otkopavanje se vrši u donjoj ploči 3. sloja, dok se više ležeća gornja ploča ne otkopava. Samo otkopavanje sloja lignita je u jami Čirikovac povezano sa velikim poteškoćama. Kod otkopavanja se na širokom čelu pojavljuju znatni pritisci, koji prouzrokuju vanredno teške uslove eksplotacije kao na primer, smanjenu visinu otkopa zbog duboko utoñulih čeličnih stubaca, suženi prolaz na čelu, znatno raspucali ugalj u krovini čela i slično. Sve nabrojane pojave traže dodatne radove na održavanju otkopa. Posledica toga su niski otkopni učinci (cca 4,6 t/nad.), mali kapacitet otkopnog fronta (4,86 t/m čela/dan) i nedovoljna ekonomičnost.

Definicija pojma radne sredine

Za potpunije razjašnjenje problema, koji su u vezi sa sadašnjim načinom eksplotacije,

potrebno je detaljnije upoznavanje uticaja radne sredine na sam tok eksplotacije. U tom cilju potrebno je prvo definisati pojam radne sredine.

Pod pojmom radne sredine podrazumevaju se svi faktori, koji utiču na normalni tok eksplotacije u određenom otkopnom polju. Kao najvažniji faktori radne sredine mogu se, među ostalima, nabrojati sledeći osnovni parametri:

- geološka struktura ležišta;
- fizičko-mehaničke i tehničke osobine uglja i pratećih naslaga;
- proces zarušavanja povlatnih naslaga u otkopane prostorije,
- uticaj primenjene otkopne metode na proces zarušavanja;
- pojava jamskih pritisaka u području otkopavanja; i
- uticaj brzine napredovanja otkopa.

Za poboljšanje sadašnjeg stanja tehnološkog procesa kod otkopavanja 3. donjeg sloja u jami Čirikovac potrebno je izvršiti analizu navedenih osnovnih parametara, izvršiti kritičku ocenu rezultata sagledavanja dobivenih tom analizom i na toj osnovi odrediti zaključke, pomoću kojih će se dati konkretni predlozi za poboljšanje toka eksplotacije predmetnog područja.

Analiza osnovnih parametara radne sredine

U daljem tekstu se daju rezultati analize kao i kritička ocena pojedinih parametara radne sredine navedenih u prethodnom poglavljiju.

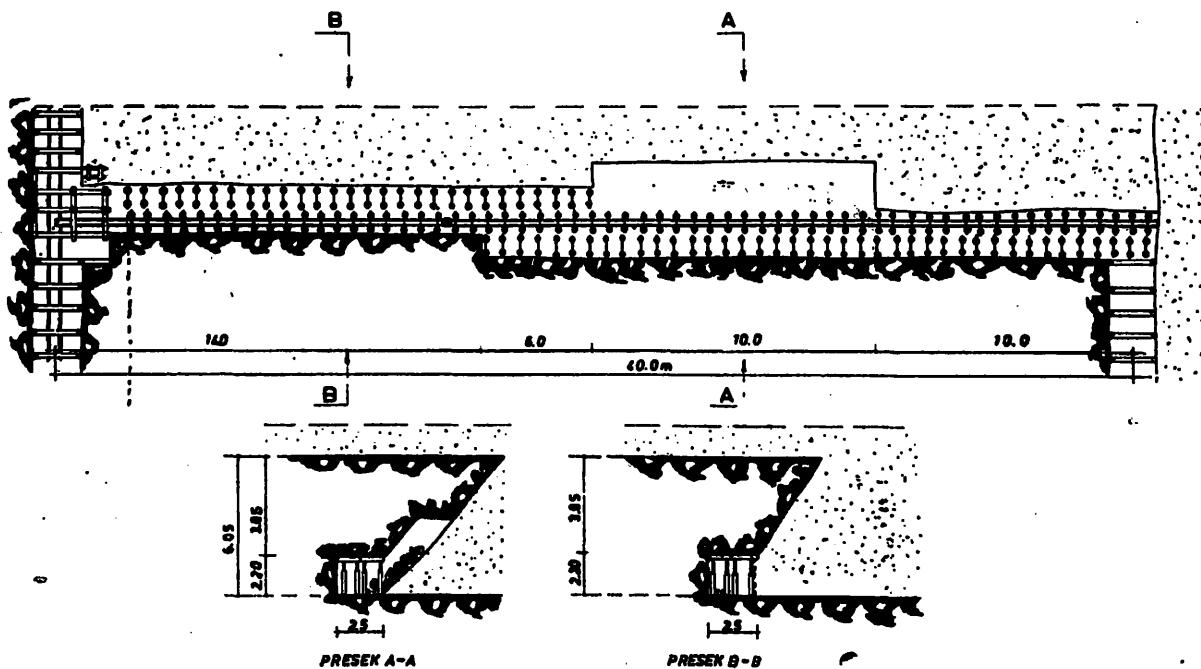
Kratak prikaz geološke strukture ležišta

Geološki sastav ležišta na području jame Čirikovac čine tercijarne i kvarutarne na-

— gornja ploča 3. sloja, moćnosti od 3—5 m,

— drugi sloj moćnosti od 0—3 m.

Povlatu odnosno podinu pojedinih ugljenih slojeva čine, uglavnom, gline ili peskovite glime, različite moćnosti od 20 do 40 metara, sa mestimičnim ulošcima peska. Kvartar je zastupljen na čitavom području sa pleistocenom (lesne naslage debljine od 2—20 m) i holocenom (naslage šljunka i peska moćnosti do 40 m).



Sl. 1 — Sirokočelna otkopna metoda sa obrušavanjem uglja iz stropa.

Fig. 1 — The longwall mining method with caving.

slage*). U produktivnoj seriji revira Čirikovac razvijena su 3 sloja. Neposrednu podinu donje ploče ugljenog sloja čine tamnozeleno-plave gline debljine do 10 m sa mestimičnim proslojcima i slojevima sitnozrnastih peskova (donji pont). Ispod ove serije leži serija peskova razne granulacije i sastava, čije moćnosti prelaze 10 m.

Produktivna serija (gornji pont) zastupljena je sa 3 ugljena sloja kao i glinovitim i peskovitim sedimentima. Od ugljenih slojeva zastupljeni su:

— donja ploča 3. sloja moćnosti 6—8 m, koji je prošaran proslojcima sivozelene gline moćnosti 5—20 m,

Analiza rezultata ispitivanja fizičko-mehaničkih i tehničkih osobina lignita**)

Radi dobijanja što jasnije predstave o radnoj sredini odnosno radi što pravilnije ocene lignita i pratećih naslaga izvršena su laboratorijska ispitivanja uglja iz donje i gornje ploče kao i povlate odnosno podine tih slojeva.

*) Geološki elaborat ugljenog ležišta Čirikovac, 1984, IEK Kotolac.

**) Laboratorijski referat o ispitivanju fizičko-mehaničkih osobina lignita i pratećih naslaga, 1984, Rudarski institut, Beograd.

U tablici 1 dati su rezultati ispitivanja najvažnijih fizičko-mehaničkih i tehničkih osobina za uzorke uglja iz donje i gornje ploče 3. sloja.

Na osnovu rezultata ispitivanja može se dati sledeća kratka ocena fizičko-mehaničkih osobina uglja iz Jame Čirikovac.

Karakteristično je, da su vrednosti specifične težine donje ploče nešto manje od vrednosti specifične težine gornje ploče, dok je zapreminska težina u obrnutom odnosu, pa je rezultat takvog stanja procentualno manja poroznost kod uglja iz donje ploče. Drugim rečima, ugalj iz gornje ploče može primiti više vode nego ugalj iz donje, iz čega sledi, da je bujavost uglja u donjoj ploči manja od bujavosti uglja gornje ploče.

Izvršena ispitivanja čvrstoće pri pritisku pokazuju da je ugalj iz donje ploče nešto čvršći, što rezultira iz većeg procenta jalovih proslojaka manje čvrstoće, koji se nalaze u uglju gornje ploče. Noseća sposobnost lignita iz Jame Čirikovac je srazmerno niska, pošto čvrstoća na pritisak lignita iz donje ploče, merena normalno na sloj, iznosi od 45—62 kg/cm². Na osnovu tog rezultata može se zaključiti, da lignit ne podnosi veća opterećenja kod podgradivanja frikcionom podgradom (cca 10 t/m² bez veće utonulosti stubaca). Tanki proslojci jalovih uložaka negativno utiču i na žilavost pri udaru.

Na osnovu utvrđene čvrstoće na pritisak, određen je koeficijent čvrstoće kao osnovni pokazatelj za razvrstavanje ovog uglja po

opštoj tehničkoj klasifikaciji Rudarskih instituta SSSR. Pošto se koeficijent čvrstoće za ugalj iz donje ploče kreće od 0,5 do 0,6, to ovaj ugalj pripada VIII i IX klasi, dok se koeficijent čvrstoće uglja iz gornje ploče kreće od 0,2 do 0,8, pa ovaj pripada klasama od VIIa do Xa.

Klasifikacija u pogledu mogućnosti mechanizovanog dobijanja, prema usvojenoj klasifikaciji Protodakonova mlađeg, razvrstava ispitani lignit u II klasu tvrdog uglja, čija je osnovna karakteristika sposobnost za lako rezanje.

Na osnovu toga može se zaključiti da je čvrstoća kao i noseća sposobnost lignita iz Jame Čirikovac srazmerno mala i da ne podnosi veća opterećenja na pritisak (do 10 t/stubac). Nadalje, žilavost lignita je neznatna, što omogućuje lako dobivanje pomoću miniranja. Sposobnost lignita na rezanje iznosi oko 150 kg/cm² po nožu, koji se primenjuje na Eickhoff-ovo dvobubnjastoj podsekačici tipa WS-IV, što je orientacionog karaktera i ukazuje na srazmerno lako dobijanje lignita pomoću kombajna.

Analiza ispitivanja fizičko-mehaničkih osobina krovine i podine

Na osnovu izvršenih ispitivanja krovinske i podinske gline donje ploče, čiji su rezultati prikazani na tablici 2, može se zaključiti sledeće.

Sadržina vode u krovinskoj glini je veća nego u podinskoj. Kako je i granica plastič-

Fizičko-mehaničke osobine uglja

Tablica 1

Osobine	Lignit donje ploče				Prosečna vrednost	Lignit gornje ploče			
	I	II	III	IV		V	VI	VII	VIII
Specifična težina, g/cm ³	1,27	1,37	1,31	1,40	1,34	1,42	1,40	1,39	1,39
Zapreminska težina, g/cm ³	1,23	1,27	1,27	1,21	1,26	1,21	1,24	1,26	1,22
Poroznost, %	3,1	7,3	3,0	13,6	6,7	14,8	11,4	9,3	12,2
Durosksopska tvrdoća	14	16	17	18	16	19	18	19	18
Čvrstoća pri pritisku paralelno slojenju, kg/cm ²	40	48	34	40	41	26	17	14	56
Čvrstoća pri pritisku upravno na slojenje, kg/cm ²	49	59	45	62	54	44	25	19	73
Koeficijent f	0,5	0,6	0,5	0,6	0,6	0,4	0,3	0,2	0,8
Drobiljenje, koeficijent f ₁	1,51	1,96	1,78	2,27	1,88	1,66	1,39	1,15	3,57

nosti veća, to je u krovinskoj glini moguć pristup većoj količini vode, te su samim tim i fizičke osobine ove gline promenljivije. Na osnovu utvrđenog indeksa konsistencije ispitana glina pripada polutvrdoj do tvrdoj konsistenciji.

Ispitana sila bubrenja ukazuje, da je glina iz krovine mnogo bujavija od podinske; prema tome, treba očekivati i veću silu bubrenja od one, koja je ispitivanjem dobijena za podinsku glinu. Indeks tečenja i kod krovinske i kod podinske gline je negativan, jer je prirodnna vlažnost manja od granice plastičnosti.

Na osnovu utvrđenog indeksa plastičnosti i granice tečenja može se reći da je krovinska gлина visoko plastična, dok je podinska srednje plastična.

Na osnovu dobijenog može se zaključiti, da je noseća sposobnost gline mala, a plastičnost velika, zbog čega dolazi, kod otvaranja većih površina krovina, do brzog zarušavanja krovnih naslaga u otvorene prostorije.

Analiza procesa zarušavanja kod širokočelne otkopne metode sa obrušavanjem uglja iz stropa

Zarušavanje krovnih naslaga i sleganje površine slojišta vrši se prema uslovima koji su određeni sledećim faktorima:

- visinom otkopanog prostora;
- površinom otkopanog prostora;
- geomehaničkim osobinama krovnih naslaga, kojima je određen ugao rušenja;

— dubinom, u kojoj se vrši otkopavanje i položajem sloja koji se otkopava;

— oblikom otkopnog fronta pojedinih etaža i rasporedom otkopnih frontova kod otkopavanja slojeva ili više etaža istovremeno;

— brzinom, kojom napreduje otkopni front.

Ukoliko se, zbog lakšeg obrazloženja, opažanja ograniči na jedinicu dužine iskopanog prostora (slika 2), može se zaključiti, da u slučaju kada krovne naslage uglavnom predstavljaju gline odnosno peščane gline, proces rušenja ima šemu, prikazanu na sl. 2.

Iako na području otkopavanja jame Čirkovac ne nastupa prikazani jednostavni slučaj zarušavanja krovine istog sastava, prvo se zbog lakšeg razjašnjenja problema obrazlaže taj način odvijanja procesa zarušavanja.

Obrazloženje procesa zarušavanja kod krovnih naslaga jednakog sastava. — Kod zarušavanja iskopanog prostora visine h i širine x stvara se iznad praznog prostora zarušni svod, čiji se položaj i oblik menja sa napredovanjem otkopavanja. U početku rušenja taj svod obuhvata verovatno samo početnu širinu iskopanog prostora, međutim rušenjem više ležećih slojeva krovine u novi prazni prostor, taj svod se nužno širi i dobija u završnoj fazi zapunjavanja oblik i širinu, koji su određeni visinom zarušenog svoda i položajem ravnine rušenja.

Kada je sav otkopani prostor zapunjen ruševinama direktnih krovnih naslaga prosečne visine H_s , biće taj materijal podvrgnut kom-

Fizičko-mehaničke osobine gline

Tablica 2

Osobine	Krovina donje ploče		Podina donje ploče	
	IX	X	XI	XII
Specifična težina, g/cm^3	2,34	2,26	2,68	2,68
Zapreminska težina, g/cm^3	1,96	2,09	2,03	2,06
Sadržina vode, g/cm^3	27,1	21,1	16,6	17,8
Aterbergove granice. Granica tečenja, %	74,0	77,0	38,0	39,0
Indeks tečenja, %	— 0,37	1,80	0,75	0,41
Granica plastičnosti, %	39,99	57,08	25,8	24,0
Indeks plastičnosti	34,01	19,92	12,2	15,0
Indeks konsistencije	1,37	2,80	1,75	1,41
Ugao unutrenjenja	18° 30'	20° 45'	24° 50'	22° 40'
Kohezija, kg/cm^2	0,18	0,13	0,14	0,24
Pritisak bubrenja, kg/cm^2	1,77	1,10	0,63	0,76

primiranju zbog vlastite težine i pritiska više ležećih naslaga. U datom slučaju zona drobljenja krovnih naslaga iznad zone rušenja se zbog plasticiteta glinastih naslaga ne pojavljuje. Posle određenog vremena materijal dobija više ili manje svoj prvobitni volumen, tako da se vrednost sipnog koeficijenta približava vrednosti 1,0. Naslage (T), koje leže više od zarušne zone iskopanog prostora, snižavaju se i komprimiraju u otkopani prostor zarušenu krovinu. U krajnjim zonama zarušenih ravnina ove naslage su podvrgнуте silama naprezanja, koje prouzrokuju kidanje slojeva. Na tim ravninama vrše se pomicanja stenskih masa u zarušeno područje koje prouzrokuju naponski pritisak u horizontalnom pravcu prema sredini tog područja. Zona isteznih sila i kidanja naslaga pomiče se prema površini i posledica tog procesa rezultira u prekidu površinskih naslaga i sleganju terena. Području kidanja i posedanja sledi područje komprimiranja porušenih naslaga, čija je posledica kod date plastičnosti krovnih naslaga ponovo zatiskivanje tog područja.

Prof. Kegel je razvio jednačinu, po kojoj se može računati visina direktne zarušene zone krovnih naslaga istog sastava, iznad otkopanog prostora.

$$H_s = \frac{h \cdot k}{s - 1}$$

gde je:

- H_s = visina zone rušenja
- h = visina otkopanog prostora
- k = koeficijent otkopnih gubitaka
- s = sipni koeficijent.

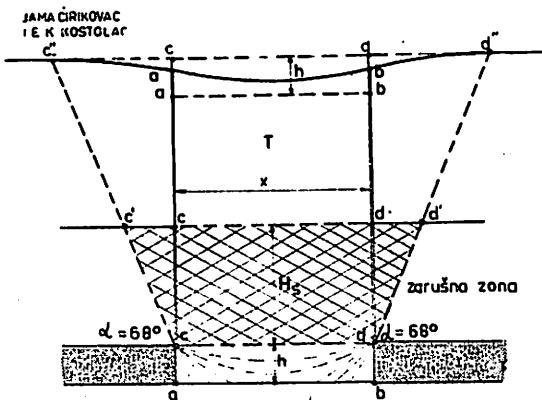
Raspored naslaga po moćnosti u području otkopavanja

Tablica 3

Vrsta naslage	Moćnost naslaga m	Prosečna moćnost	Primedba
podina gline	—	do 40 m	ne ulazi se u podinu od toga 6,05
donja ploča 3. sloja	7,30 — 8,55	7,95	za obrušavanje zaštita prema podini
od toga se ostavlja	1,8 — 2,0	1,90	
sloj gline	2,0 — 4,0	3,0	
gornja ploča 3. sloja	3,7 — 4,0	4,3	
glina	8 — 12	10,0	
2. sloj	0 — 3	1,5	
glina	40 — 100	70	

Kod otkopavanja u opisanim naslagama $h = 6,05$ m, $s = 1,3$ i $k = 0,80$. Na osnovu ovog računa visina zarušne zone kod jednorodne krovine, prema Kegelu, iznosi:

$$H_s = \frac{6,05 \cdot 0,80}{1,3 - 1} = 16,2 \text{ m}$$



Sl. 2 — Sema procesa zarušavanja kod idealnog sastava krovnih naslaga.

Fig. 2 — The sketch of breakage process for ideal composition of roof layers.

Obrazloženje procesa zarušavanja kod različitih krovnih naslaga. — Geološka izgradnja područja jame Čirikovac se, međutim, ne podudara sa već opisanim, pa se prema geološkom opisu, iznetom u prethodnom poglavljiju, razlikuju od idealnog sastava i položaja krovnih naslaga obrazloženog u prethodnom tekstu. Zbog te činjenice će se faktično stanje procesa zarušavanja na području otkopavanja širokočelnom otkopnom metodom sa obrušavanjem u jami Čirikovac razlikovati od opisanog idealnog stanja, pa je zbog toga po-

trebno, da se analizira faktični način zarušavanja. Faktični način procesa zarušavanja obrazlaže se sledećim.

Geološku strukturu područja jame Čirikovac u kojoj se vrši u donjoj ploči 3. sloja otkopavanje, sačinjavaju naslage prikazane u tab. 3.

Tablica 3 nam pokazuje da se iznad donje ploče 3. sloja, koji je u otkopavanju, nalazi povlatna naslaga gline u prosečnoj moći cca 3,0 i ugljeni sloj (gornja ploča 3. sloja) prosečne moći cca 4,5 m, koji se ne eksploatiše.

Dalje je, u prosečnoj visini cca 17,3 m, računato od donje ploče 3. sloja, uložen mestično još i 2. sloj, manje moći (od 0—3m), koji se isto tako ne eksploatiše.

Ukoliko se uključe u ova razmatranja procesa zarušavanja krovnih naslaga u otkopani prostor i uloženi slojevi uglja, koji se ne otkopavaju, može se zaključiti, da se proces zarušavanja krovnih naslaga neće odvijati u skladu sa opisanim idealnim procesom zarušavanja. Slojevi uglja imaju, kako se vidi iz tablice 1, potpuno druge fizičke i mehaničke osobine, koje ne predstavljaju plastičan materijal svojstven mekanim stenama. Zbog toga je proces zarušavanja sloja uglja bitno različit od opisanog. Slojevi uglja predstavljaju, naime, neku armaturu u naslagama gline, koja čini, da proces zarušavanja kao posledica otkopavanja dobija drugi tok.

Za razjašnjenje procesa zarušavanja u geološkim prilikama, koje nastupaju na području jame Čirikovac, izrađen je na slici 3 šematski prikaz procesa zarušavanja.

Proces rušenja je za naslage povlatne gline, koja leži neposredno iznad sloja otkopavanja, isti kao u već opisanom idealnom procesu. Sa napredovanjem otkopnog fronta povlatna gлина se u moći cca 3,0 m postepeno zarušava u otkopani prostor i isti delimično zapunjava.

Sloj ugljena (g. ploča 3. sloja) koji leži iznad naslaga gline, u udaljenosti 2—4 m se ne ruši uporedno sa slojem gline, već se zbog znatno veće čvrstoće ne ponaša u procesu rušenja kao plastična gлина. Zbog toga ugljeni sloj iznad otkopanog prostora čini konzolnu ploču, koja izvesno vreme sprečava normalni proces zarušavanja. Ugljeni sloj čini konzolnu ploču sve dok opterećenje više ležećih naslaga gline nije veće od noseće sposobnosti ugljene ploče. Kada opterećenje

više ležećih naslaga prelazi graničnu čvrstину pojedinih ugljenih ploča, koje sačinjavaju sloj, iste se postepeno ili čak momentalno ruše i zapunjavaju deo praznog prostora nastalog zbog otkopavanja. Istovremeno, odnosno u izvesnom vremenskom intervalu, se nakon prolamanja ugljenih ploča zarušavaju i više ležeće naslage povlatne gline gornje ploče 3. sloja sve do visine na kojoj je čitavi prazni prostor zapunjeno.

Kada je sav otkopani prostor zapunjeno ruševinama krovnih naslaga i ugljenog sloja, visine H_s , biće taj materijal, shodno već opisanom idealnom procesu zarušavanja, podvrgnut komprimiranju zbog vlastite težine kao i pritiska više ležećih naslaga. Sav ostali deo procesa zarušavanja, kao i pratećih pojava, je identičan sa već opisanim načinom.

Određivanje visine zarušene zone, u skladu sa obrascima K e g e l a, u datom primeru dobiva komplikovaniji oblik, pošto se u otkopani prostor zarušavaju naslage sa različitim koeficijentom rastresitosti i to povlatna gлина sa koeficijentom rastresitosti $s_1 = 1,3$ i sloj uglja (g. ploča 3. sloja) sa koeficijentom rastresitosti $s_3 = 1,5$. Da bi se bar približno odredila visina zarušene zone, usvaja se na osnovu geoloških podataka razmer u naslagama, koje leže neposredno iznad sloja u otkopavanju. Razmer naslaga iznosi $\alpha = 2 : 1$.

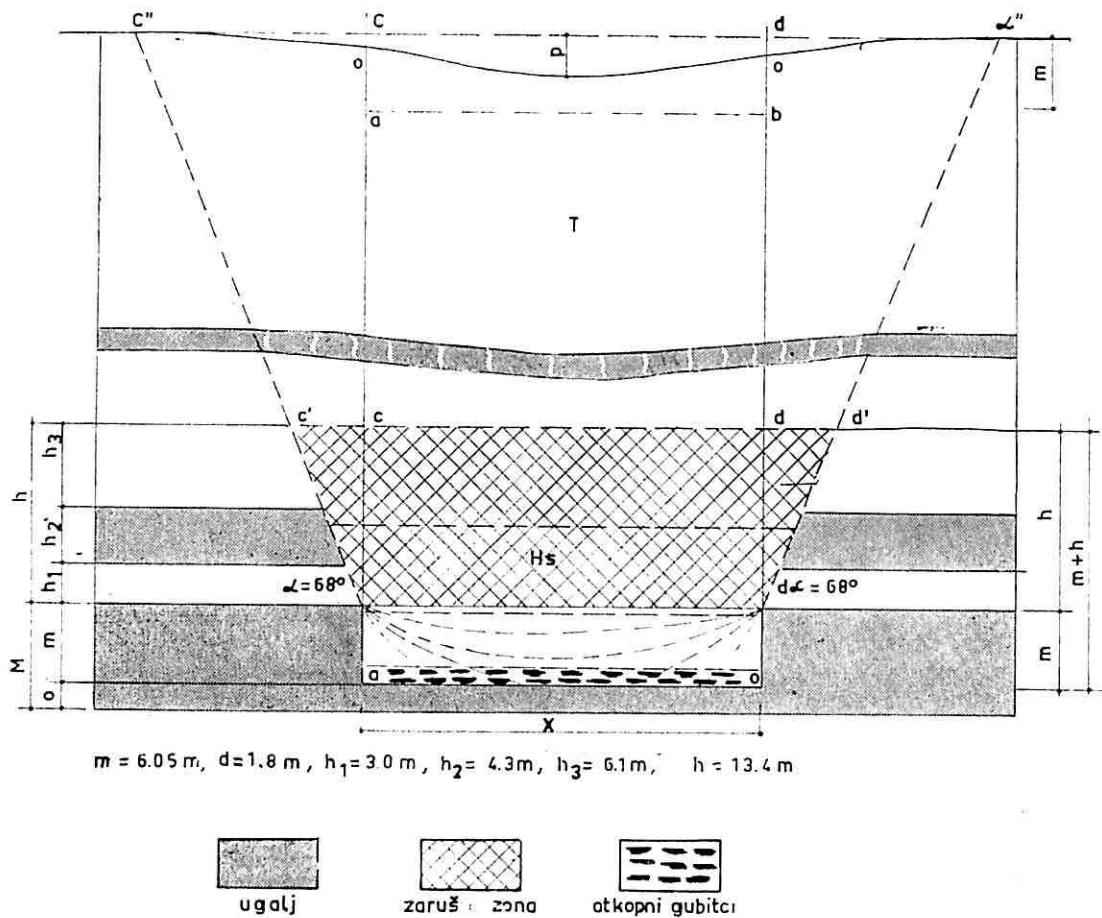
Na osnovu tog razmera određuje se srednji koeficijent rastresitosti naslaga, koje se zarušavaju:

$$s_{sr} = 1,36$$

Visina prosečne zarušne zone u ovom slučaju iznosi:

$$H_s = \frac{h \cdot k}{s_{sr} - 1} = \frac{6,05 \cdot 0,80}{1,36 - 1} = 13,4 \text{ m}$$

Na osnovu ukupne visine zarušne zone može se odrediti zarušna zona za svaku povlatnu stenu posebno i na taj način oceniti do koje visine dolazi direktni uticaj otkopavanja u više ležećim naslagama. Na osnovu proračuna i šematskog prikaza procesa rušenja na području jame Čirikovac, datog u slici 3 može se zaključiti, da 2. sloj ne ulazi u zonu rušenja, već leži iznad iste. Daljni



Sl. 3 — Šema procesa zarušavanja u jami Čirikovac kod otkopavanja donje ploče.

Fig. 3 — The sketch of breakage process in Čirikovac mine for lower part of coal seam No. 3.

proces drobljenja odnosno komprimiranja u otkopani prostor zarušenih naslaga se odvija pod istim uslovima kako je to u prethodnom poglavlju opisano. Na osnovu ovih razmatranja mogu se obrazložiti pojave koje se javljaju u području otkopavanja.

Uticaj otkopne metode na razvoj procesa rušenja krovnih naslaga

Izbor otkopne metode veoma je važan za razvoj procesa rušenja krovnih naslaga, jer se otkopnom metodom određuje vrednost pojedinih faktora, koji su navedeni u prethodnom poglavlju. Za bolje poznavanje procesa rušenja, analizirani su osnovni pokazatelji pojedinih otkopnih metoda, koje su normalno u upotrebi kod eksploracije lignita i to za otkopnu metodu u komorama sa

zarušavanjem i za širokočelnu otkopnu metodu. Osnovni pokazatelji su prikazani na tab. 4.

Pokazatelji prikazani u tablici 4 potvrđuju, da u pogledu odvijanja procesa rušenja krovnih naslaga, naročito s obzirom na vremenski interval između dva zarušavanja, više prednosti ima otkopna metoda sa širokim čelom.

Analiza pojava otkopnog pritiska na širokočelnom otkopu

Za vreme razvoja širokočelne otkopne metode sa obrušavanjem uglja iz stropa u jami Čirikovac nisu bila izvršena merenja pojave otkopnog pritiska na širokočelnom otkopu, zbog čega se kod ovog razmatranja ne mogu interpretirati rezultati merenja. U

cilju razjašnjenja nastupajućih manifestacija otkopnog pritiska na otkopima u jami Čirikovac, potrebno je dati sledeća obrazloženja.

Svako otkopavanje prati otkopni pritisak, čije se dejstvo ispoljava na podgradu otkopa, otkopnih hodnika i to ispred otkopnog fronta, a u niže ležećem sloju i u pozadini otkopnog fronta, ukoliko bi se otkopavalo u dva sloja. Zona prednjeg otkopnog pritiska širi se u ugljeni stub, koji je u otkopavanju, a jačina otkopnog pritiska u zavisnosti je od otkopne metode i osobine krovine i uglja. Za obrazloženje pritiska potrebno je u kratkim crtama prikazati metodu otkopavanja i uticaj iste na krovinu.

Metoda otkopavanja širokim čelom u jami Čirikovac sastoji se iz dve faze (sl. 4): dobijanja uglja iz stropa i iz potkopnog dela otkopa. Rad na otkopu odvija se istovremenim radom u izbijanju potkopnog dela i zatim obrušavanjem stropnog dela otkopa.

U otkopani prostor ruši se u kraćim razmacima krovina, koju sastavljaju laporaste i peščane gline u močnosti do 3,0 m. Posle zarušenja krovnih naslaga sledi rušenje eventualno ostavljenog sloja uglja, koji se posle svakog ciklusa normalno ne ruši, već potpuno zarušenje a time i zapunjene otkopanog prostora nastupa posle tri ili više uporednih ciklusa. U takvom slučaju zarušava se krovina sa ugljem do visine zarušenog svoda.

Dejstvo ovog procesa ispoljava se u otkopnom pritisku. Intenzitet otkopnog pritiska, koji opterećuje podgradu čela, funkcija je brzine napredovanja otkopnog fronta. Jačina pritiska na podgradu čela raste sa smanjenjem brzine napredovanja a obrnuto opada. Ustanovljeno je, da se pritisak na

podgradu čela može savladati sa najvećim poteškoćama, kad je brzina napredovanja otkopnog fronta manja od 0,9 m/dan (slika 5), a da su uslovi rada normalni, kad je brzina napredovanja veća od 1,25 m/dan (slika 6). Analiza širokočelne otkopne metode, koja je u primeni u jami Čirikovac, je pokazala, da je dnevna brzina napredovanja otkopnog fronta manja od 1,0 m/dan i da iznosi od 0,75—0,9 m dnevno. Na osnovu zapažanja manifestacija otkopnog pritiska na drugim rudnicima u sličnim uslovima se vidi, da se kod te brzine dnevnog napredovanja otkopnog fronta ne mogu očekivati povoljne otkopne prilike.

Ukoliko se, međutim, uzmu u obzir i poteškoće, koje se javljaju kao posledica nehomogenih krovnih naslaga, nastalih zbog ostavljanja neotkopanih više ležećih slojeva, razumljive su pojave otkopnog pritiska velike jačine, koje se ispoljavaju, uglavnom, na samom otkopu u jami Čirikovac.

U cilju razjašnjenja uzroka povećanja manifestacije otkopnog pritiska na širokim čelima u jami Čirikovac u poređenju sa drugim rudnicima, koji rade po istoj otkopnoj metodi (Velenjskoj), može se na osnovu merenja pojava otkopnog pritiska na drugim rudnicima približno rekonstruisati i šema raspodele otkopnih pritisaka u području otkopavanja (slika 7) u slučaju kad je krovina od jednorodnog materijala (idealni sastav).

Šematski prikaz krive otkopnog pritiska pokazuje da zona minimalnog otkopnog pritiska nastupa u najkritičnijoj tački otkopa tj. u natkopnom delu čela, što se u normalnim otkopnim prilikama, koje se javljaju kod brzine napredovanja cca 1,25 m/dan (slika 6), veoma povoljno odražava na stanje

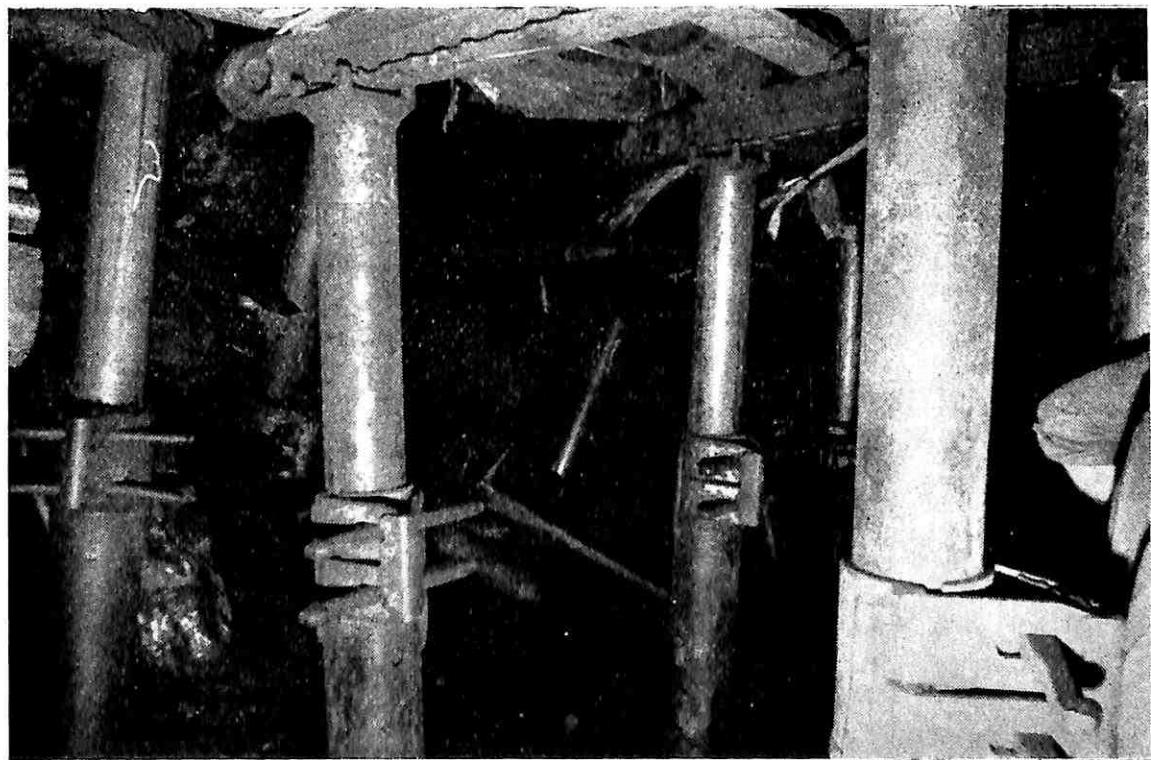
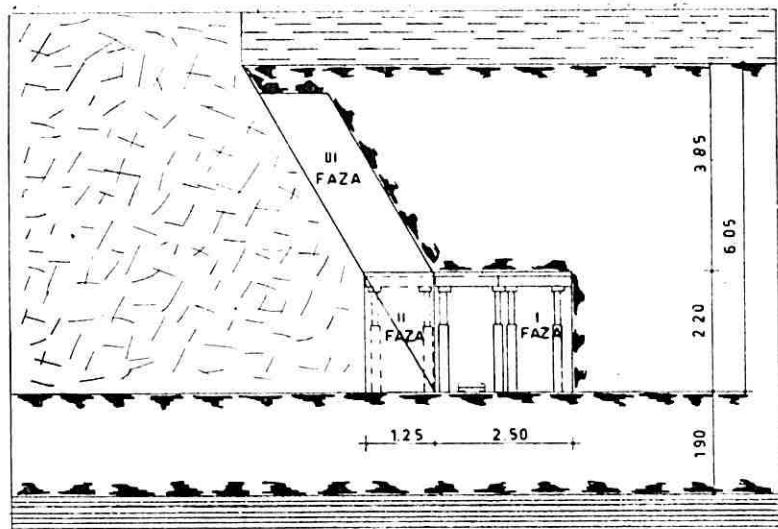
Osnovni pokazatelji otkopne metode

Tablica 4

Pokazatelji	Jed. mere	O t k o p n a m e t o d a	
		komora	široko čelo
širina otkopa	m	10	1,25
dužina otkopa	m	10	do 40
visina otkopa	m	6	do 6,0
otkopni gubici	%	40	20
volumen otkopanog prostora	m ³	360	do 240
visina zarušene zone po Kegeisu	m	16	do 16
vremenski interval između 2 rušenja	dana	5—10	1—2
način rušenja		u kraćim razmacima	ravnometerno

Sl. 4 — Faze ciklusa:
I faza — izrada potkopa;
II faza — vodenje podgrade;
III faza — obrušavanje uglja.

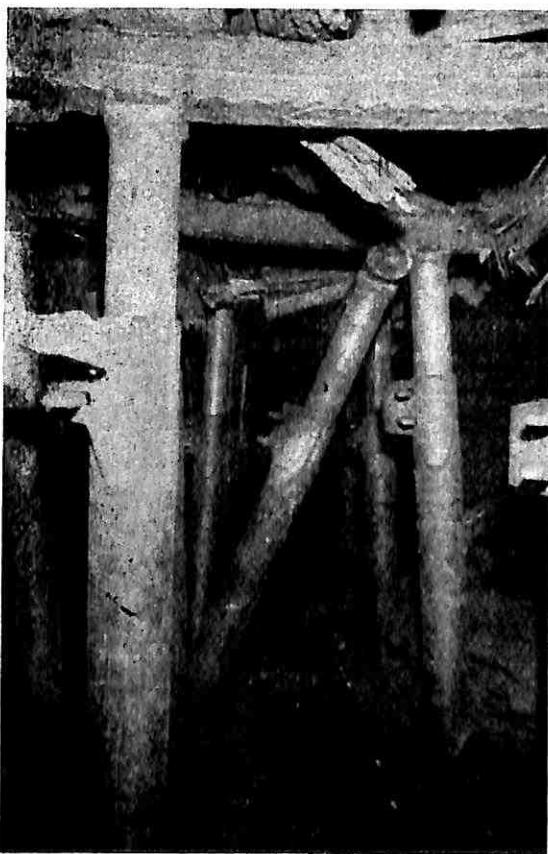
Fig. 4 — The phases of working cycles:
I phase — working of the coal face undercut;
II phase — support with drowal;
III phase — coal caving.



Sl. 5 — Stanje podgrade na otkopu kod brzine napredovanja čela od $n = 0,8$ m/dan.
Fig. 5 — The state of support on the coal face with face advance rate $n = 0,8$ m per day.

otkopa. Prednji i zadnji otkopni pritisak raste od tačke, gde se završava obrušavanje stropa (nazvan natkopni deo) i dostiže maksimalnu vrednost cca 6,0 m ispred čela potkopa i cca 20,0 miza čela potkopa. Ovaj rezultat određuje način podgrađivanja na otkopu (gustoću stubaca) i u otkopnim hodnicima.

Kod napredovanja otkopa sa idealnom jednorodnom krovinom je od bitne važnosti položaj rasterećene zone u samom otkopu. Kod klasičnih otkopnih metoda sa širokim čelom nastupa rasterećena zona iznad samog čela otkopa, dok je kod Velenjske otkopne metode, kod koje se dobiva ugajl i iz gornjeg pojasa, na osnovu dugogodišnjeg zapažanja koje je potvrđeno merenjem, rasterećena zona pri određenoj brzini dnevнog napredovanja otkopnog fronta (cca 1,25 m/dan) pomaknuta na područje natkopnog dela otkopa. Takav položaj rasterećene zone iznad Velenjskog širokog čela omogućuje pojavu ma-



Sl. 6 — Stanje podgrade na otkopu kod brzine napredovanja čela od $n = 1,25$ m/dan.

Fig. 6 — The state of support on the coal face with face advance rate $n = 1,25$ m per day.

njeg otkopnog pritiska na najosetljivijem delu otkopa tj. u natkopnom delu koji ostaje nepodgrađen.

Medutim, kod otkopavanja u jami Čirkovac ne dolazi do opisanog načina raspodele otkopnog pritiska. U području otkopa javlja se povećani otkopni pritisak zbog neotkopnog ugljenog sloja u neposrednoj krovini. Gornja ploča 3. sloja onemogućuje, kako je to detaljno ranije opisano, normalan proces zarušavanja krovnih naslaga i čini iznad otkopa konzolne ravnine. U ovoj ploči se akumulira veliki deo prednjeg otkopnog pritiska, koji umesto da bi dejstvovao na ugljeni stub ispred čela, dejstvuje direktno na samo čelo, kako je to prikazano na slici 8.

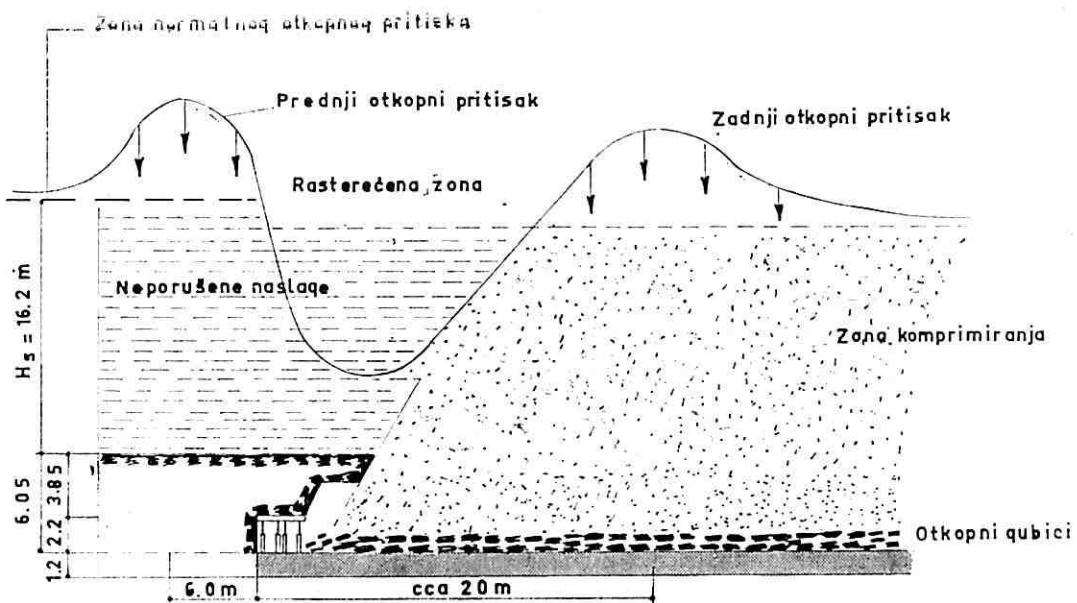
Šematski prikaz krive otkopnog pritiska pokazuje da zona prednjeg otkopnog pritiska leži direktno iznad samog otkopa i da je pored toga naponsko stanje na području otkopa najveće. Posledica takvog stanja su pritisici većih jačina. Pored toga je nosivost donjih partijsa 3. ugljenog sloja (donja ploča) vrlo mala, pošto čvrstoća na pritisak iznosi svega $34 - 48 \text{ kg/cm}^2$ (tablica 1), a to prouzrokuje i kod manjih pojava pritisaka brzu utonulost stubaca u podinu čela. Posledica toga je, ne samo smanjenje otvorenog profila čela, već i učestale pojave većih i manjih pukotina u stropu čela, usled čega je potrebno stalno održavanje potkopnog dela čela.

Interpretacija pojave pojačane manifestacije otkopnog pritiska na čelu otkopa pokazuje da je:

- osnovni razlog većih pojava otkopnog pritiska na čelu otkopa nedovršeni proces zarušavanja krovnih naslaga do punе visine zarušne zone zbog ostavljanja neotkopanog sloja uglja u bližoj krovini;
- mala nosivost ugljene ploče, koja se ostavlja u podu čela, ima za posledicu brzu utonulost stubaca u pod;
- zbog utonulosti stubaca u pod povećana je konvergencija stropa na otkopu, što zahteva znatne dodatne radove na održavanju otkopa.

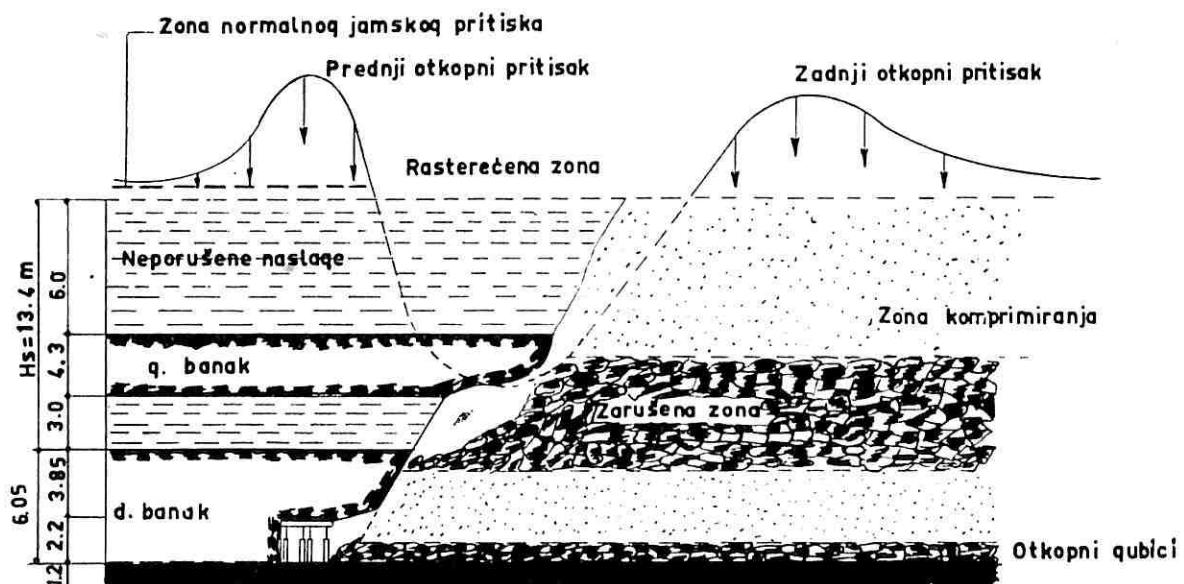
Uticaj brzine napredovanja otkopa na radnu sredinu

Povećanje brzine napredovanja otkopa ne utiče samo na povećanje produktivnosti zbog



Sl. 7 — Šema raspodele otkopnog pritiska na području širokog čela kod Velenjske otkopne metode kod idealnog sastava krovnih naslaga.

Fig. 7 — The sketch of the rock pressure distribution at the coal face mined with Velenje mining method and with the ideal composition of roof layers.



Sl. 8 — Šema raspodele otkopnog pritiska na području širokog čela u jami Čirikovac.

Fig. 8 — The sketch of the rock pressure distribution at the longwall face area in Čirikovac mine.

povećanja koncentracije proizvodnje, već i zbog povoljnih posledica na stvaranje odgovarajuće radne sredine. Ta opšte poznata konstatacija može se primeniti i u slučaju eksploatacije debelih slojeva pomoću širokočelne otkopne metode sa obrušavanjem uglja iz stropa (Velenjska otkopna metoda).

Povećana brzina napredovanja čela ima za posledicu smanjenje raslojavanja i pucaњa ploče uglja, koja u datom slučaju čini neposrednu krovinu. Krovna ploča se u datom slučaju deformeše u manjoj meri, čime se smanjuje opasnost od zarušavanja na srođin čelu. Povećanom brzinom napredovanja se prenosi zona uticaja pojave naprezanja u ugljenoj ploči, koja predstavlja neposrednu krovinu čela, dalje u ugljeni stub, čime se naprezanja u području otkopa smanjuju.

Dalje povećanje brzine napredovanja otkopa povećava postojanost krovne ploče, što ima za posledicu da se iz neposredne krovine čela ugalj ne odronjava. U suprotnom slučaju, kada se brzina otkopavanja smanjuje, dolazi u krovu otkopa do manjih ili većih odronjavanja, ili kod minimalnog napredovanja čela — zarušavanja.

Ocena visine otkopnog pritiska na širokom čelu

Rezultati posmatranja manifestacije potkopnih pritisaka na čelu su pokazali, da pritisak na podgradu čela zavisi od brzine napredovanja otkopa. Ukoliko je brzina napredovanja otkopa manja i iznosi do 1,0 m/dan, manifestacije pritisaka na čelu se povisuju. Merenja otkopnog pritiska na čelu kod Velenjske otkopne metode su pokazala da se može u datom slučaju računati sa visinom otkopnog pritiska približno

$$p = 46 \text{ t/m}^2$$

Ovaj rezultat može poslužiti za razjašnjenje uticaja napredovanja otkopa na javu otkopnog pritiska u području jame Ćirikovac.

Istovremeno otvorena površina otkopa u jami Ćirikovac iznosi na početku ciklusa

$$F_1 = 40 \text{ m} \cdot 2,50 = 100 \text{ m}^2$$

Maksimalno otvorena površina jednog ciklusa iznosi

$$F_2 = 100 \text{ m}^2 + 1 \cdot 50 \text{ m}^2 = 150 \text{ m}^2$$

Premda tome, ukupno opterećenje, koje deluje na otkop, iznosi kod $p = 46 \text{ t/m}^2$ na početku ciklusa:

$$p_1 = 100 \text{ m}^2 \cdot 46 \text{ t/m}^2 = 4.600 \text{ tona}$$

a kod maksimalno otvorene površine otkopa:

$$p_2 = 150 \text{ m}^2 \cdot 46 \text{ t/m}^2 = 6.900 \text{ tona}$$

Gustina stubaca određena je na otkopu u nepovoljnem slučaju sa $1,33 \text{ kom/m}^2$ što daje ukupno 200 ugrađenih stubaca na čelu. Opterećenje, prema tome, koje nosi pojedini stubac iznosi:

$$p = 6.900 \text{ t} : 200 \text{ kom.} = 34,5 \text{ tona/kom.}$$

Opterećenje tla koje prouzrokuje svaki stubac iznosi kod podložne ploče stupca sa površinom ($\phi 16 \text{ cm}$) od 205 cm^2 :

$$\sigma_c = p : f = 34.500 \text{ kg} : 205 \text{ cm}^2 = 170 \text{ kg/cm}^2$$

Opterećenje tla po stupcu je znatno veće (cca 4 puta) od noseće sposobnosti tla (prosečno 41 kg/cm^2), zbog čega je tonjenje stubaca u podinu znatno veće. To tonjenje prouzrokuje velike poteškoće kod normalnog odvijanja tehnološkog procesa zbog čega je potrebno poduzeti mere da se smanji opterećenje tla. To se može postići u prvom redu, povećanjem brzine dnevног napredovanja, a u drugom redu povećanjem noseće površine stupca.

Rezime rezultata analize radne sredine

Ova analiza radne sredine nam pokazuje svu važnost problema kao i odlučujuću ulogu radne sredine kod odvijanja tehnološkog procesa otkopavanja širokočelnom otkopnom metodom sa obaranjem krovnog uglja. U kratkim crtama mogu se rekapitulirati sledeći glavni nalazi izvršene analize radne sredine:

— sadašnji način otkopavanja donje ploče 3. sloja kod neotkopavanja više ležećih slojeva ne odgovara geološkoj strukturi ležišta na području jame Ćirikovac;

— noseća sposobnost ugljenog sloja, koja se kod otkopavanja donje ploče 3. sloja ostavlja kao zaštita prema podini je srazmerno mala, što ima za posledicu tonjenje stubaca u podinu;

— zbog tonjenja stubaca u podinu otkopa povećano je spuštanje stropa čela. Konvergencija čela je velika, što nepovoljno utiče na tok odvijanja tehnološkog procesa. Profil otkopa se smanjuje zbog čega su potrebni stalni radovi na održavanju otkopa;

— fizičke i mehaničke osobine uglja u 3. sloju pokazuju, da je ugalj iz jame Čirikovac podesan za mehaničko dobijanje pomoću kombajna i da mehanizovano dobijanje sa stanovišta osobina uglja neće predstavljati problem, što se vidi iz niske visine sile rezanja, dobivene na osnovu sposobnosti drobljenja;

— iz analize manifestacije otkopnog pritiska u području otkopavanja može se zaključiti, da je povećani otkopni pritisak, koji se javlja na širokim čelima, posledica zarušavanja neotkopanog sloja uglja u dužim intervalima (4—5 ciklusa), koji se nalazi u neposrednoj blizini sloja u otkopavanju. Zarušavanje krovnih naslaga se ne vrši do čitave potrebne visine zarušne zone, već samo do ugljenog sloja (gornja ploča 3. sloja). Ovaj sloj čini zbog veće čvrstoće konzolu iznad otkopa, koja se ne zarušava zajedno sa glinom već određeno vreme odoleva pritisku više ležećih naslaga. Na taj način se oslonac prednjeg otkopnog pritiska premešta u područje iznad samog širokog čela (slika 8), što ima za posledicu povećanu akumulaciju otkopnog pritiska iznad samog otkopa, za razliku od slučaja kod krovnih naslaga od plastičnog materijala (slika 7). Posledica toga su pojačani otkopni pritisci;

— brzina dnevног napredovanja otkopnog fronta je veoma važan faktor za formiranje odgovarajuće radne sredine, pošto od iste zavisi u znatnoj meri jačina pritiska koji se manifestuje na podgradi čela;

— visina manifestacija otkopnih pritisaka na podgradi u otkopu je u direktnom razmeru sa brzinom dnevног napredovanja otkopa, naime, što je manja brzina napredovanja, to su veće pojave otkopnog pritiska na podgradi čela. Povećanjem pritiska u otkopu stupci sve više tonu u pod i radni uslovi na otkopu su sve teži;

— manifestacije otkopnog pritiska, koje su posledica procesa rušenja kao i nedovoljna brzina napredovanja otkopnog fronta, pokazuje, da u radnoj sredini, koja je produkt analiziranih eksploracionih uslova u otkopu i raspodele naponskog stanja u području čela, nije moguća primena kombajna za mehani-

zovanje dobijanje, sve dok se ne izvrši pre-raspodela naponskog stanja, dok se ne smanji specifično opterećenje tla i poveća brzina dnevног napredovanja;

— posledica smanjenja dnevne brzine napredovanja otkopnog fronta je, uglavnom, smanjenje kapaciteta otkopa i produktivnosti zaposlenih radnika, pogoršanje radnih uslova zaposlenih, a naročito povećanje proizvodnih troškova. Sigurnost rada se u takvim prilikama takođe smanjuje.

Ocena radne sredine u jami Čirikovac i mere za poboljšanje iste

Analiza radne sredine izvršena u pret-hodnim poglavljima ukazala je na činjenicu, da uslovi radne sredine kod otkopavanja donje ploče 3. sloja nisu takvi, da bi omogućili normalno odvijanje tehnološkog procesa.

Međutim, za poboljšanje radnih uslova kod širokočelnog otkopavanja sa obrušavanjem uglja iz stropa u području jame Čirikovac od bitne je važnosti rešenje problema eksploracije gornje ploče 3. sloja. Prethodnim otkopavanjem tog sloja, bez ostavljanja stubova u tom sloju, omogućile bi se normalne otkopne prilike u donjoj ploči 3. sloja, pošto neravnomerno zarušavanje raznorodnih krovnih naslaga neće više predstavljati glavnu prepreku.

Kao druga važna mera, koju bi trebalo primeniti, je smanjenje specifičnog opterećenja tla po stupcima. Sa smanjenjem specifičnog opterećenja tla, smanjiće se tonjenje stubaca i konvergencija na otkopu, što će povoljno uticati na smanjenje održavanja čela otkopa.

Navedene mere će imati za posledicu povećanje brzine napredovanja otkopa, što će svakako doprineti poboljšanju radne sredine. Ukoliko se navedene mere za poboljšanje radne sredine kod otkopavanja donje ploče 3. sloja ne bi mogle iz određenih razloga izvršiti, ostaje problem bitnog poboljšanja sadašnje otkopne metode u mnogim postavkama nerešen.

U cilju donošenja definitivnih odluka o usmeravanju eksploracije u jami Čirikovac, potrebno je izvršiti detaljna i svestrana merenja otkopnih pritisaka u području širokog čela i tako utvrditi i ostale faktore radne sredine, koji još nisu dovoljno tačno upoznati.

SUMMARY

The Influence of the working Circumstances on the Exploitation Conditions of the Lignite Seams in Čirikovac Mine IEK Kostolac

R. Ahčan, min. eng.*)

At winning of the 8 m. thick lignite seam in Čirikovac mine by the longwall mining method with caving (Velenje mining method) there are great difficulties.

In the course for explanation of that problem the author gives the analysis of the influence of working circumstances on the exploitation conditions at longwall mining method with caving considering:

- structural geology conditions of the coal deposit
- geomechanical and technical properties of the coal and coal measure rocks
- influence of the applied mining method on the process of the overhead caving
- rock pressure in mining area
- influence the face advance rate.

Concerning the detailed analysis and critical estimation of the above factors the author gives the following conclusion: with the improvement of the working conditions of longwall mining method with caving in Čirikovac mine, among other measures, it will be necessary previously to mine the upper part of coal seam No. 3. in order to eliminate unequal rock breaking.

Owing to the small carrying capacity of coal which is partly left in the immediate footwall, it will be necessary to decrease a specific loading of the footwall by the increasing of the base of props or by introducing a new type of support.

The above measures will result in increasing of the face advance rate and at the same time in the further improvement of the working circumstances.



*) Dipl. ing. Rudi Ahčan, upravnik Biroa za naučni rad u Rudarskom institutu — Beograd.

Komparativna analiza proračuna stabilnosti etaža površinskog otkopa i odlagališta sa uprošćenim postupkom određivanja kritične klizne površine

(sa 26 slika)

Prof. ing. Nikola Najdanović — dipl. ing. Radmilo Obradović

Uvod

Tretiranje stabilnosti prirodnih padina kao i veštačkih kosina nije nov i nepoznat problem. Naprotiv, neprestano se sa njim susrećemo u praksi, bilo da izvodimo zemljane objekte u građevinarstvu (usek, nasipne brane i dr.) ili kod površinskog otkopavanja tla u cilju otkrivanja korisne supstance.

Ovaj problem, u novije vreme, proučava se i sa gledišta mehanike tla, gde se proračun stabilnosti vrši na osnovu fizičko-mehaničkih karakteristika tla za svaki pojedini slučaj, naravno uz prethodnu geološku studiju dotičnog terena.

U ovom članku, uglavnom, ćemo tretirati metode proračuna stabilnosti etaža kod površinskog otkopavanja kao i kod odložene mase.

Jedan od osnovnih uslova za uspešan rad na površinskom otkopavanju jeste obezbeđenje stabilnosti kosina etaža. Često dolazi do obrušavanja etaža u takvoj razmeri, da izazivaju poremećaj i usporavaju čitav tehnološki proces eksploatacije sirovina.

Deformacija kosina etaža kod površinskog otkopavanja proizilazi, uglavnom, iz sledećih razloga:

— nepovoljnih geoloških i hidrogeoloških prilika terena,

- sastava i fizičko-mehaničkih svojstava tla,
- nepravilno izabrane metode eksploatacije.

Međutim, kao najvažniji faktor za određivanje stabilnosti jeste utvrđivanje nagibnog ugla kosina u zavisnosti od fizičko-mehaničkih svojstava tla, posmatrano u sklopu svih geoloških i hidrogeoloških uslova.

Pri površinskom otkopavanju ležišta pojavljuje se potreba da se velike količine otkopanog materijala transportuju na specijalno za to određene površine, gde se planinskim razmeštanjem masa obrazuju nasipi-odlagališta velikih razmera. Ona mogu biti (prema mestu odlaganja) u granicama površinskog otkopa (unutrašnja odlagališta) ili izvan njega (spoljna odlagališta).

Citav proces od prijema do razmeštanja otkopane mase predstavlja odlagališni rad, koji je u organizaciono-tehničkom pogledu različit, u zavisnosti od veličine površinskog otkopa. U svakom konkretnom slučaju potrebno je odrediti režim odlaganja masa i istog se pridržavati, jer je to preduslov za kasniju stabilnost odlagališta.

Oblik kosine odlagališta formira se u zavisnosti od vrste podlage i odložene mase, kao i od transportnih sredstava i načina odlaganja.

Maksimalna visina etaža spoljnih odlagališta, pri stabilnoj osnovi, određuje se u zavisnosti od fizičkih svojstava jalovine i tipa odlagača.

U procesu otkopavanja dolazi do promene zapreminske težine (a s tim i do smanjenja čvrstoće na smicanje), u zavisnosti od vrste materijala i načina otkopavanja odnosno vrste mehanizacije. Kod nekoherentnih materijala koeficijent rastresitosti se kreće od 1,1 — 1,25; kod gline koeficijent rastresitosti dostiže do 1,6. Ipak, pri većim visinama odlagališta (20,0 m) peskovito-glinovite mase tla postižu u svojim osnovama zbijenost sličnu onoj u prirodnom stanju.

U zavisnosti od litološkog sastava materijala koji se odlaže, odlagališta mogu biti jednorodnog odnosno heterogenog sastava. Takođe heterogenost odlagališta može biti izazvana ne samo različitim litološkim sastavom, već i načinom odlaganja tj. frakcioniranjem materijala pri procesu odlaganja. Tom prilikom najsitnije frakcije odložene mase skupljaju se na vrhu nasipa, a krupnije u podnožju, obrazujući posebnu teksturu odlagališta. Takav tip složenih nasipa formira se kod odlaganja heterogenog materijala, na primer peska i zbijene gline. U tom slučaju peskovita masa se koncentriše u gornjem delu odlagališta i često dostiže sredinu, a grudve i komadi gline kotrljavaju se u podnožje nasipa. Odlagališta se karakterišu i nejednakom zbijenošću materijala, koja se javlja u funkciji vremena odloženih masa i povećava sa pod dejstvom gornjih masa.

Zbijenost odlagališta takođe se postiže pod dejstvom dinamičkih sila udara odložene jalovine (odlagaćem) i težinom radne mehanizacije na površini odlagališta. Međutim, dinamički faktor ima i nepovoljan uticaj na zbijenost materijala. U tom cilju potrebno je prići proučavanju dinamičkih efekata, kako bi se mogla sagledati i veličina njegovog uticaja na zbijenost odlagališta, a time i na povećanu odnosno smanjenu stabilnost.

Prilikom odlaganja materijala jalovine u kupe, obrazuje se u njegovoj osnovi relativno zbijeno jezgro u odnosu na ostalu odloženu masu, koje predstavlja uporište i utiče na povećanje otpornosti na smicanje čestica tla u odlagalištu.

U vezi sa progresivnim zbijanjem odložene koherentne mase, povećava se i njena kohezija.

Proračun stabilnosti etaža odložene mase predstavlja veći problem, jer se mora obuhvatiti više faktora koji utiču na povećanje odnosno smanjenje sмиćih sila. Međutim, kod prirodne vrste tla, za proračun stabilnosti možemo uzeti, kod koherentnog materijala, u obzir silu trenja i koheziju prirodnog tla, što nije slučaj kod proračuna za odlagališta gde je prvo bitna kohezija razorenja.

Prema orientacionim ispitivanjima S. I. P o p o v a, pri povećanju visine nasipa za 6 meseci i godinu dana postiže se 38—50% kohezije prvo bitnog materijala.

Možemo zaključiti, da se kao problem postavlja određivanje stabilnosti odložene mase i određivanje optimalnih visina etaža pri odlaganju. Taj problem je kompleksan i zahteva svestrana i dugotrajna ispitivanja.

Ovde ćemo se osvrnuti na metode određivanja kritične klizne površine i metode proračuna stabilnosti, kako odložene mase, tako i etaža na površinskom otkopu.

Proračun stabilnosti kosina etaža površinskog otkopa i odlagališta

Za određivanje optimalnih visina etaža i nagiba kosina odlagališta na površinskim otkopima, potrebno je izvršiti proračun stabilnosti kosina etaža na bazi fizičkih karakteristika jalovine koja se odlaže. Postoji više metoda koje se mogu primeniti za tu svrhu, ali sve one zahtevaju dosta rada, jer se za svaku odabranu visinu etaže i svaki usvojeni nagib kosine mora izvršiti proračun koeficijenta sigurnosti za više proizvoljnih kliznih površina, i na osnovu njih odrediti kritična klizna površina, koja daje najmanji koeficijent sigurnosti, odnosno zaključak da li je kosina stabilna ili ne.

Međutim, proračun stabilnosti kosina etaža odlagališta bio bi znatno brži i lakši, kad bi kritična klizna površina bila unapred poznata i proračun stabilnosti se sveo samo na nju. U tu svrhu je ing. Vlastimir Konečni, iz Instituta za mrki ugalj u Mostu ČSSR, vršio mnogobrojna ispitivanja i više godina osmatrao klizišta u najrazličitijim terenskim uslovima, te je na bazi ovih ispitivanja, dopunjениh terenskim razmatranjima, došao do nove metode određivanja kritične klizne površine, pomoću koje se ovo pitanje rešava na mnogo prostiji i brži način.

Kako je za radove na površinskim otkopima u rudarstvu od velike važnosti brzo i lako određivanje visine i nagiba zemljanih kosina uopšte, to ćemo u ovom slučaju izložiti metodu Konečnog za određivanje kritične klizne površine, a zatim izvršiti poređenje rezultata ispitivanja stabilnosti kosina na osnovu ove metode, analitičke metode Lomise-a i klasične metode Felleniusa, za različite visine, različite nagibe kosina i različite fizičko-mehaničke karakteristike tla.

Određivanje kritične klizne površine po metodi Konečnog

Određivanje kritične klizne površine pomoću klasične metode lamela, koja prepostavlja cilindričnu kliznu površinu, a koja se u proseku prikazuje kao krug, je opširna i dugotrajna.

U cilju uprošćenije procene određivanja centra kružne klizne površine, kao i njenog izgleda, postoje mnoga rešenja i to poluempirična koje preporučuju Terzaghi, Fellenius, Lobasov i dr., kao i analitička, kako je dao Lomise, koji takođe prepostavlja kružnu kliznu površinu, a rezultate prikazuje dijagramom, gde za određeni nagib kosine i različite uglove unutrašnjeg trenja određuje koordinate centra kritične klizne površine.

Međutim, Konečni ima drugačije mišljenje o obliku i toku klizne površine, na osnovu koga je došlo do uprošćenog rešenja za brzo iznalaženje kritične klizne površine.

Homogenost, izotropnost, kontinuitet i nepromenljivost zapremine su uobičajene polazne postavke Konečnog, gde se lom tla dešava u skladu sa Mohrovom teorijom. Glavni napon σ_1 deluje na površini kosine i zauzima njen pravac. Ukoliko, prilikom oburuvanja kosine, klizna površina prolazi kroz nožicu, tada će prema Mohrovoj teoriji klizna površina zaklapati sa većim glavnim naponom σ_1 u svakoj tački ugao

$$\nu = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$$

Ova pretpostavka o dejstvu glavnog napona nije nova, nju su koristili različiti autori, kao Jaky, Bernackij, Frontar i dr., a po njoj klizna površina zahvata sa površinom kosine ugao $45^\circ = \varphi/2$.

Prema Mohrovoj teoriji, glavni napon mora da leži u pravcu polarnih zrakova, koji

prolaze kroz ivicu kosine, uključujući tu i spoljnju površinu kosine.

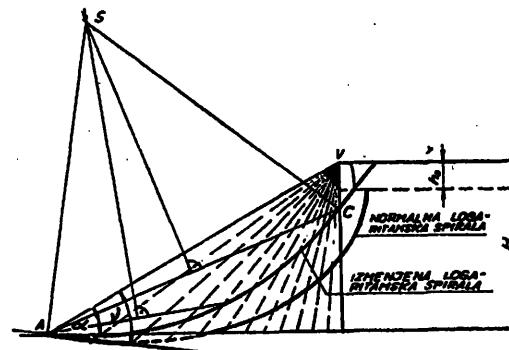
Prema Konečnom, klizna površina na delu između površine kosine i vertikale iz ivice kosine V ima oblik logaritamske spirale, ali ne normalne, kako je pretpostavljao Rendulic, već delimično izmenjene — pliće, (slika 1). Pri tome se zadržava ugao između površine kosine i tangente na kliznu površinu u nožici

$$\nu = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$$

Pravac glavnog napona σ_1 odstupa od pravca zrakova koji prolaze kroz ivicu kosine. Prema Konečnom, ugao odstupanja glavnog napona od polarnog zraka je:

$$w = \frac{90 - \alpha'}{\alpha} (\alpha' - \alpha)$$

gde je α ugao nagiba kosine, a α' ugao nagiba polarnog zraka, na kome deluje napon σ_1 . Odstupanje $w = 0$, očigledno je za površinu kosine, kad je $\alpha' = \alpha$ pa će i glavni napon σ_1 imati pravac površine.



Slika 1 — Uporedenje kliznih površina oblika normalne logaritamske spirale i izmenjene po Konečnom.

Abbildung 1 — Vergleich der Rutschflächen in Form einer normalen Logarithmspirale und umgeändert nach Konečni.

Fotoelastičnim merenjem može se eksperimentalno dokazati da glavni napon σ_1 deluje u pravcu površine kosine.

Ovde nećemo dalje izlagati postavke o naponskom stanju u kosini, nego ćemo polaziti od već poznatih činjenica.

Klizna površina u obliku deformisane spirale (slika 1) može se tako precizno zameniti kružnim lukom, da je razlika između obe linije skoro neprimetna.

Središte oskulacionog kruga na kliznoj površini oblika deformisane logaritamske spirale nalazi se u preseku normala na tangente klizne površine u nožici kosine A i u preseku C klizne površine i vertikale iz ivice kosine V. Presecanjem simetrala proizvoljno odabranih sečica može se izvršiti kontrola na ovaj način grafički nadjenog središta. Na slici 1 ucrtana je klizna površina oblika normalne logaritamske spirale sa polom u ivici kosine. Dalji tok klizne površine iza vertikale predstavljen je u obliku prave linije, koja sa vertikalom uz ivice kosine zaklapa ugao

$$\nu = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$$

zato što se može pretpostaviti veće vertikalno dejstvo glavnog napona σ_1 od sopstvene težine.

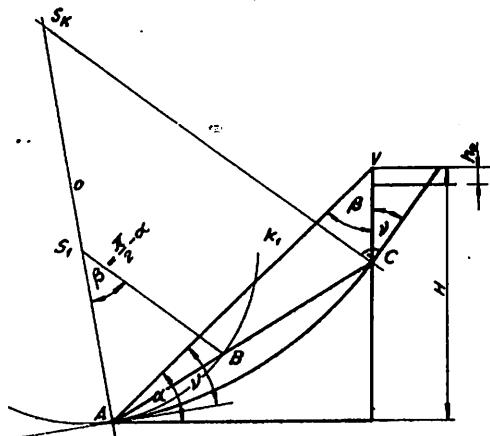
Taj pravolinijski tok klizne površine približno se završava na horizontalnoj pravoj, paralelnoj sa krunom kosine na dubini

$$h_0 = \frac{2C}{\gamma} \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2} \right)$$

Iza ove prave tok klizne površine nije definisan (slika 1), već može imati najrazličitije oblike.

Za praktično rešavanje problema možemo, na delu između površine kosine i vertikale iz ivice kosine, kliznu površinu zameniti kružnim lukom, koji prolazi kroz nožicu kosine i ceo problem svesti na rešavanje geometrijskog zadatka.

Učinjene pretpostavke i tok rešavanja praktičemo na slici 2.



Sl. 2 — Metoda određivanja kritične klizne površine po Konečnom.

Abb. 2 — Methode für die Bestimmung der kritischen Rutschfläche nach Konečnl.

Pretpostavljamo kosinu definisanu visinom H i nagibnim uglom α sa poznatim uglom unutrašnjeg trenja φ i kohezijom c.

Uslovjava se i da klizna površina prolazi kroz nožicu kosine. Praktično, postupamo na sledeći način:

— iz nožice kosine (A) povlačimo pravu, koja sa površinom kosine zaklapa ugao

$$\nu = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$$

i tangira kliznu površinu u toj tački;

— na tangentu kruga u tački A povlačimo normalu (osa 0), koja prolazi kroz centar kružne klizne površine, tj. na njoj leži centar kružne klizne površine S_k . Njega ćemo odrediti u proseku dveju normala na sledeći način.

Izabere se na normali O proizvoljna tačka S_1 i opiše krug k_1 , koji prolazi kroz nožicu kosine.

Iz centra S_1 povlači se prava koja sa osom O zaklapa ugao $\beta = \frac{\pi}{2} - \alpha$, sve do preseka sa krugom k_1 u tački B.

Kroz tačku A i B povlačimo pravu do preseka sa vertikalom iz vrha kosine u tački C, kroz koju prolazi klizna površina.

Iz tačke C povlači se paralelna linija sa pravom S_1B , do preseka sa osom O u tački S_2 , koja je centar tražene klizne površine.

Upravna na pravu $C S_k$ u tački C je gornji pravolinijski deo klizne površine, koja se prostire do horizontale prave na dubini h_0 ispod krune kosine i zaklapa sa vertikalom ugao

$$\nu = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$$

Do dubine h_0 klizna površina nije definisana.

Konečni je zatim izvršio analizu položaja centara za različite vrednosti ugla unutrašnjeg trenja, ne menjajući ostale elemente kosine.

Ako je nagib kosine $\alpha = 45^\circ$, određuje se klizna površina za sledeće uglove unutrašnjeg trenja: $\varphi_1 = 0^\circ$; $\varphi_2 = 15^\circ$; $\varphi_3 = 30^\circ$; $\varphi_4 = 45^\circ$ i $\varphi_5 = 60^\circ$, s tim da klizna površina desno od vertikale iz ivice kosine ima oblik ravne površine sve do gornje površine krune.

Na slici 3 prikazane su klizne površine za usvojene vrednosti ugla unutrašnjeg trenja sa položajem njihovih centara S_k .

Iz toga se zapaža, da svi centri leže na pravoj, koja prolazi kroz ivicu kosine V pod ugлом γ prema vertikali. To važi i za slučaj $\varphi = \alpha$, kao i za površine kod kojih je $\varphi > \alpha$.

Do istog zaključka došao je i Lobasov na osnovu eksperimentalnih osmatranja. On je, takođe, pri iznalaženju metoda za brzo određivanje klizne površine pošao od pretpostavke da centri kliznih površina leže na pravoj, koja prolazi kroz ivicu kosine, mada je tu pretpostavku okarakterisao kao neopravdanu.

Međutim, iz prikazanog rešenja Konečnog proizilazi da centri kliznih površina mogu ležati na pravoj, koja prolazi kroz ivicu kosine, ako kružna klizna površina preseca površinu kosine u nožici i vertikalnu iz ivice pod istimugлом v .

Kako je Konečni došao nezavisnim putem do istog rezultata, koji je upotreboi Lobasov u svojim pretpostavkama na osnovu eksperimentata, to je potpuna opravdanost njegovih pretpostavki kao i opravdanost ovoga rešenja.

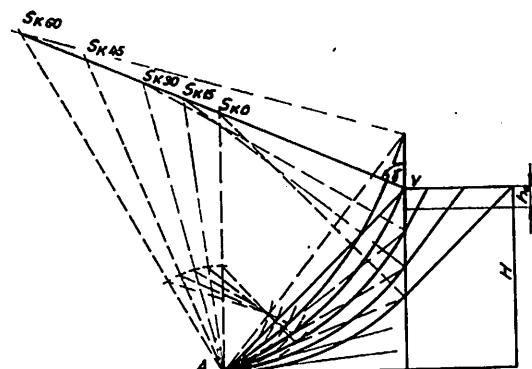
Takođe se izvodi zaključak, da položaj prave (linije centara) koji prolazi kroz ivicu V zavisi samo od ugla nagiba kosine, što omogućava još uprošćenije rešenje iznalaženja kritične klizne površine.

Konečni je pratio zavisnost promene ugla γ u odnosu na promenu ugla kosine α i ustavio da, ako se menja ugao α od 0 do $\frac{\pi}{2}$

menjaće se i ugao γ od $\frac{\pi}{4}$ do $\frac{\pi}{2}$ i to linearno. Na osnovu ovog zaključka konstruisan je dijagram promene ugla γ u zavisnosti od promene ugla α (slika 4). Koristeći ovaj dijagram povlačimo (slika 3) pod ugлом γ sa vertikalom pravu, na kojoj će za dati nagib ležati centri svih kliznih površina. Zatim, kroz nožicu kosine povlačimo tangentu na kliznu površinu, za koju znamo da zaklapa sa površinom kosine ugao v . Presek normale na ovu tangentu u tački A nožice kosine sa pravom, koja sa normalom u tački V zaklapa ugao γ , daje centar kritične klizne površine.

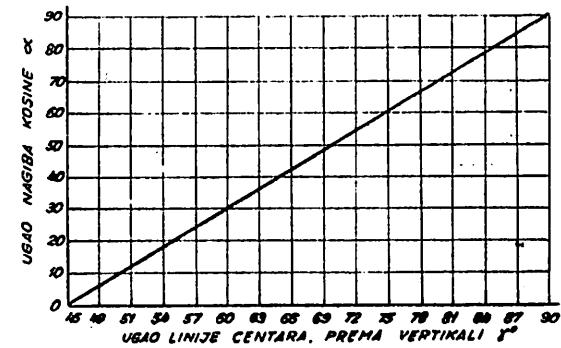
Iz izloženog proizilazi da u odnosu na do danas poznate metode za brzo određivanje centra i toka klizne površine, metoda Konečnog ima prednost zbog svoje jednostavnosti pri radu.

Konečni je uporedio sa prikazanim rešenjem kliznu površinu uobičajenog oblika normalnog kruga i odredio položaj njenog centra, koristeći pri tome dijagrame koje je izradio Lo-



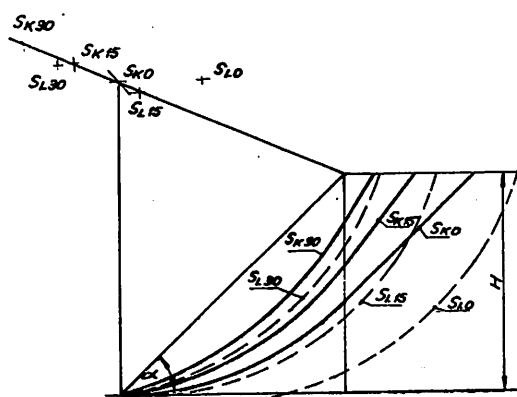
Sl. 3 — Ispitivanje stabilnosti zemljanih kosina određenog nagiba a za različite vrednosti ugla unutrašnjeg trenja po Konečnom.

Abb. 3 — Untersuchung der Standfestigkeit von Erdböschungen mit bestimmten Neigungswinkel und zwar für verschiedene Winkelwerte der inneren Reibung nach Konečni.



Sl. 4 — Dijagram linije centara kritičnih kliznih površina u zavisnosti od nagiba kosine po Konečnom.

Abb. 4 — Diagramm der Linie der kritischen Rutschflächenzentren in Abhängigkeit von der Böschungsneigung nach Konečni.

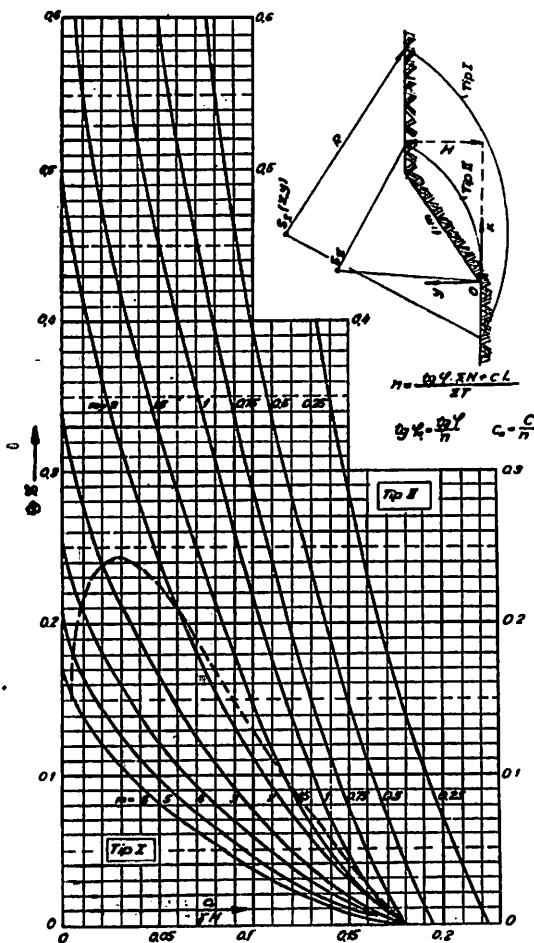


Sl. 5 — Upoređenje kritičnih kliznih površina po Konečnom i Lomiseu.

Abb. 5 — Vergleich der kritischen Rutschflächen nach Konečni und Lomiseu.

mise (slike 6 i 7). Rezultati su prikazani na slici 5, gde su isprekidanim linijama predstavljene kružne klizne površine, a indeksi označavaju vrednost ugla unutrašnjeg trenja. Centri kružnih kliznih površina leže na nekoj krivoj, od koje su na slici date samo 3 tačke. Vidimo da se položaj kliznih površina više međusobno razlikuje, što se više smanjuje ugao unutrašnjeg trenja, dok se njihov tok i zahvat kod vrednosti ugla unutrašnjeg trenja koji se približava $\varphi = 30^\circ$ praktično podudara.

Međutim, osim prednosti koje pruža metoda Konečnog, za sada je najteže dokazati da tačnije odgovara i prirodnim uslovima od najčešće primenjivanih metoda kružne klizne površine. Konečni je nastavio rad na provjeravanju svoje metode u laboratoriji i prirodi.



Sl. 6 — Dijagram faktora sigurnosti u zavisnosti od ugla unutrašnjeg trenja po Lomiseu.

Abb. 6 — Diagramm des Sicherheitsfaktors in Abhängigkeit vom Winkel der inneren Reibung, nach Lomise.

Određivanje sredine kritične klizne površine po metodi B. Lomisea

B. Lomise analitičkim putem određuje položaj centra kritične klizne površine za iste vrste tla u podlozi i kosini.

Rezultati rešenja su dijagrami, koji daju vezu između $\operatorname{tg} \varphi_0$ i $\frac{c_0}{\gamma H}$ za date nagibe kosine $1 : m$ (slika 6). Koeficijent sigurnosti n obuhvaćen je u prednjim vrednostima prema jednačini

$$n = \frac{c}{c_0} \quad \text{i} \quad n = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_0}$$

pri čemu su c i φ kohezija i ugao unutrašnjeg trenja tla određeni laboratorijskim opitom, a c_0 i φ_0 vrednosti potrebne za stabilnost.

Isprekidana linija predstavlja granicu između podnožičnog klizanja (tipa I) i nožičnog (tip II).

Dijagram na slici 7 prikazuje grupu krivih za razne vrednosti m , na kojima su označene vrednosti za $\operatorname{tg} \varphi_0$. To nam omogućava da na brz i pogodan način odredimo centar kritične klizne površine kao i njen poluprečnik. Položaj centra dat je kooordinatama $X : H$ i $Y : H$, a za koordinatni početak u nožici kosine. Sa ovim je definisana klizna površina nožičnog klizanja (tip II).

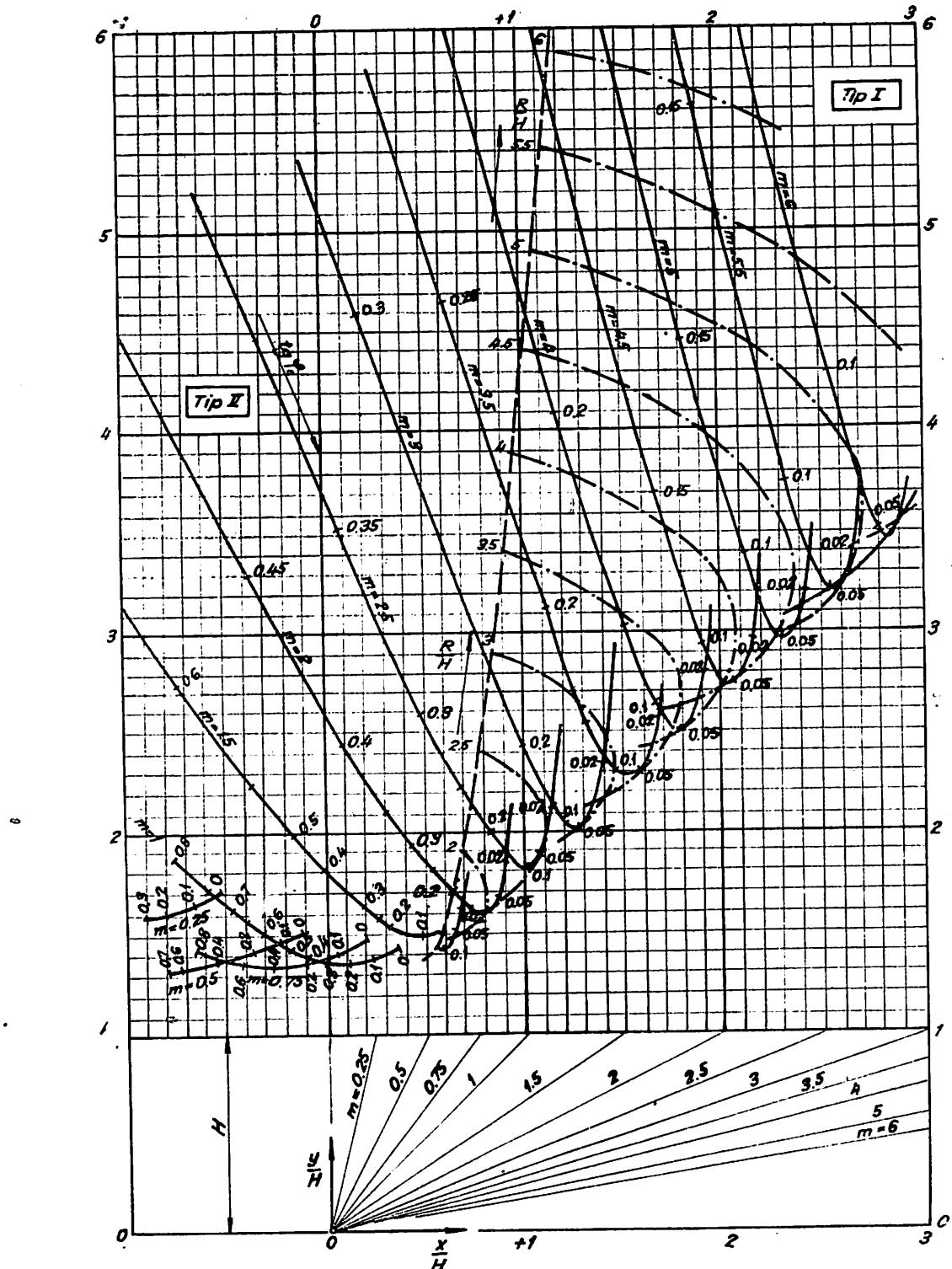
Međutim, klizna površina koja prolazi ispod nožice kosine (tip I) određena je koordinatama centra i poluprečnikom R . Poluprečnik R određuje se iz desne strane grafikona, gde se nalazi druga grupa krivih (tačkasto iscrtanih) $R : H$. Položaj centra među ovim linijama određuje veličinu $R : H$.

Fizičke karakteristike tla

Za poređenja koja ćemo vršiti usvojene su tri vrste tla, čije fizičke karakteristike su određene laboratorijskim geomehaničkim ispitivanjem (slika 8).

Tlo A — prašinasta ilovača

specifična težina	$\gamma_s = 2,74 \text{ g/cm}^3$
zapreminska težina	$\gamma = 1,70 \text{ t/m}^3$
prirodna vlažnost	$w = 21,8 \%$
granica tečenja	$W_L = 42,7 \%$
granica plastičnosti	$W_p = 18,9 \%$
indeks plastičnosti	$I_p = 23,8 \%$
ugao unutrašnjeg trenja	$\varphi = 25^\circ; \operatorname{tg} 25^\circ = 0,466$



Sl. 7 — Dijagram za određivanje koordinata centra i poluprečnika kritične klizne površine po Lomiseu.

Abb. 7 — Diagramm für die Bestimmung der Koordinaten der Zentren und Radien der kritischen Rutschflächen nach Lomise.

Tlo B — šljunkovito-prašinast pesak sa 12% gline (odložena masa)

prirodna vlažnost $w = 3,3\%$
 zapreminska težina $\gamma = 1,7 \text{ t/m}^3$
 ugao unutrašnjeg trenja $\varphi = 20^\circ$
 kohezija $c = 0,33 \text{ t/m}^2$

Tlo C — šljunkovito-prašinast pesak sa 10% gline (samoniklo tlo)

prirodna vlažnost $w = 18\%$
 zapreminska težina $\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$
 ugao unutrašnjeg trenja $\varphi = 21^\circ$
 kohezija $c = 3,0 \text{ t/m}^2$

nagiba kosine $1 : 1,5$ i $1 : 2$, $1 : 3$ i $1 : 4$ i $H = 20,0 \text{ m}$ za nagib kosine $1 : 2$; $1 : 3$ i $1 : 4$, pri čemu su usvojene za proračun karakteristike tla A.

Za karakteristike tla B ispitana je stabilnost etaža visine $H = 7,0 \text{ m}$, nagiba kosine $1 : 1$ i visine $H = 28,0 \text{ m}$ nagiba kosine $1 : 3$.

Za karakteristike tla C ispitana je stabilnost etaža visine $H = 8,0 \text{ m}$ i nagiba kosine $1 : 0,5$, $1 : 1,5$ i $1 : 2$, zatim visine $H = 32,0 \text{ m}$ samo za nagib $1 : 1,5$.

Dobijeni rezultati su sledeći:

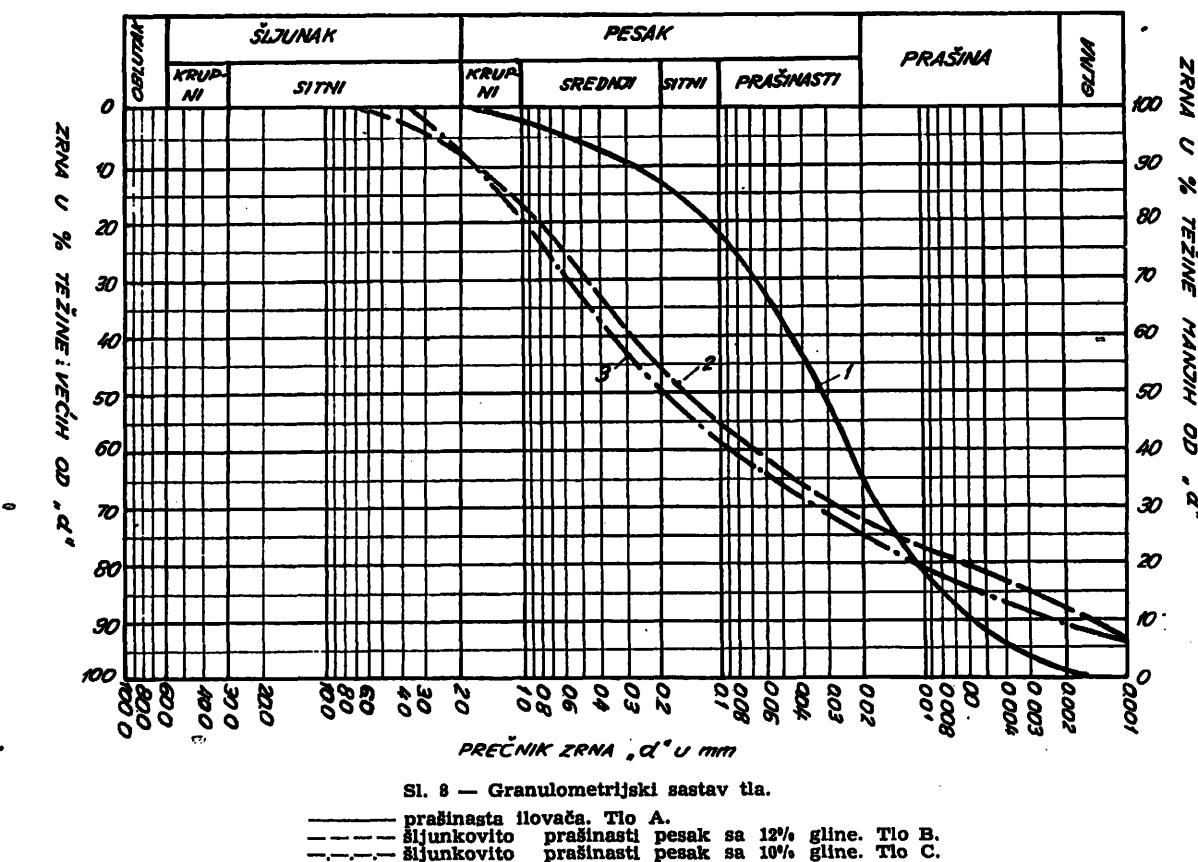


Abb. 8 — Granulometrische Bodenanalyse.

Upoređenje rezultata ispitivanja stabilnosti po modifikovanoj švedskoj metodi, metodi Konečnog i Lomisea

Za ovo upoređenje ispitana je stabilnost etaža visine $H = 5,0 \text{ m}$, nagiba kosine $1 : 1$ i $1 : 1,5$, visine $H = 10,0 \text{ m}$, nagiba kosine $1 : 1, 1 : 2, 1 : 3$ i $1 : 4$, visine $H = 15,0 \text{ i }$

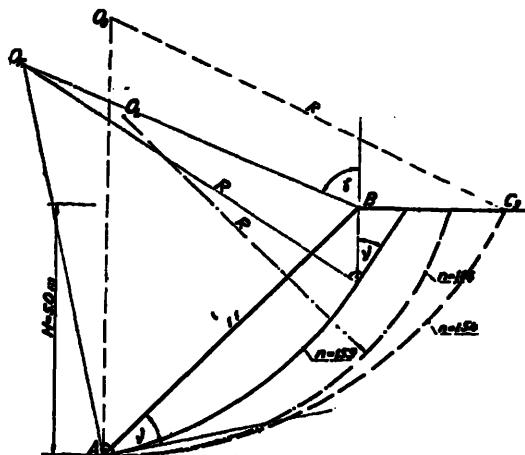
Tlo A. — Kritične klizne površine date su na slikama 9 do 21 a vrednosti proračuna za svaku navedenu metodu prikazani su tablicno (tablice 1—4).

Tlo B. — Pregled proračuna kritičnih kliznih površina po navedenim metodama dat je u tablicama (1—4) a kritične klizne površine prikazane na slikama 22 i 23.

Tlo C. — Kritične klizne površine za date elemente prikazane su na slikama 24—26, kao i tablicama (1—4).

Svaka od navedenih metoda zasniva se na drukčijim postavkama, što unapred određuje neslaganje u vrednostima dobijenih rezultata.

Međutim, posmatrajući opšti pregled koeficijenta sigurnosti, a vrednosti proračuna date su u tablici 4, može se zaključiti da-

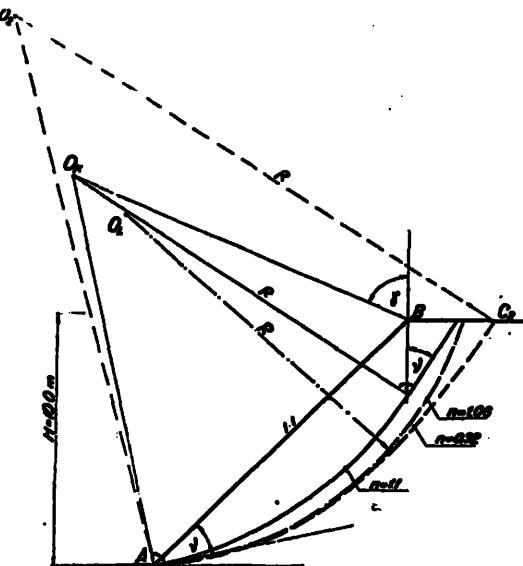


Sl. 9 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 5,0 m i nagib kosine 1 : 1.

Abb. 9 — Vergleich der kritischen Rutschflächen für eine Stroossenhöhe von 5,0 m und Böschungseigung 1 : 1.

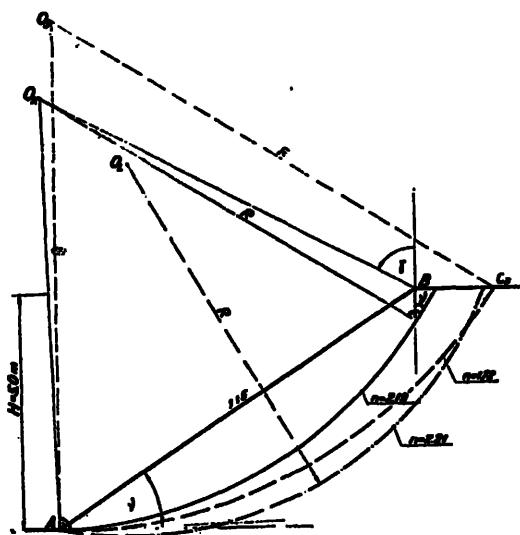
metoda Felleniusa daje, uglavnom, najniže vrednosti koeficijenta sigurnosti a metoda Konečnog najviše.

— Za visinu etaže $H = 5,0$ m i nagib kosine 1 : 1 za sve tri metode koeficijenti sigurnosti su u granicama od 1,5 do 2,0, pri čemu je najmanji koeficijent $n = 1,54$ za metodu Felleniusa, a najveći za metodu Lomisea $n = 1,86$, što znači da se sve ove tri metode dobro slažu.



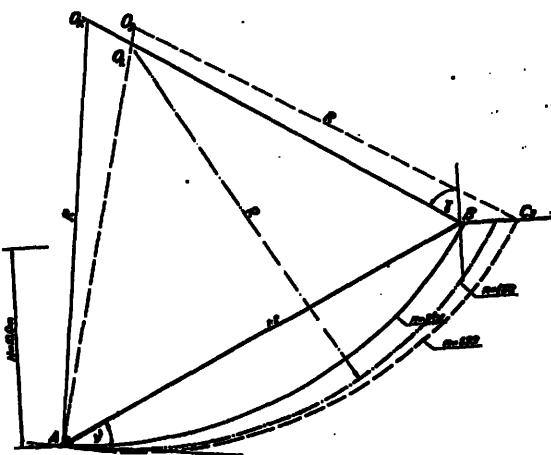
Sl. 11 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 10,0 m i nagib kosine 1 : 1.

Abb. 11 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Stroossenhöhe von 10,0 und Neigung von 1 : 1.



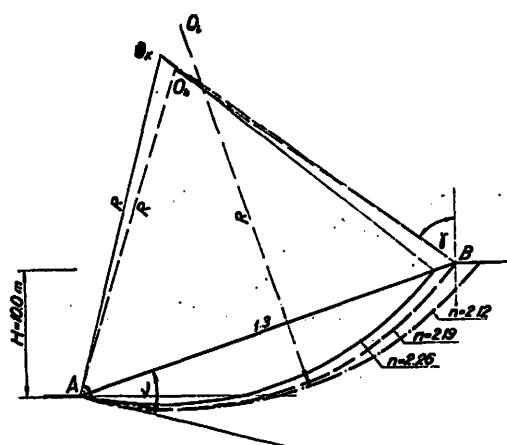
Sl. 10 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 5,0 m i nagib kosine 1 : 1,5.

Abb. 10 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen bei einer Stroossenhöhe von 5,0 m und Neigungswinkel 1 : 1,5.



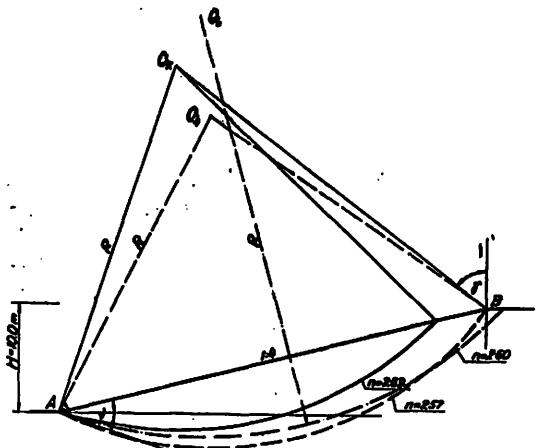
Sl. 12 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 10,0 m i nagib kosine 1 : 2.

Abb. 12 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Stroossenhöhe von 10,0 m und bei einer Böschungseigung von 1 : 2.



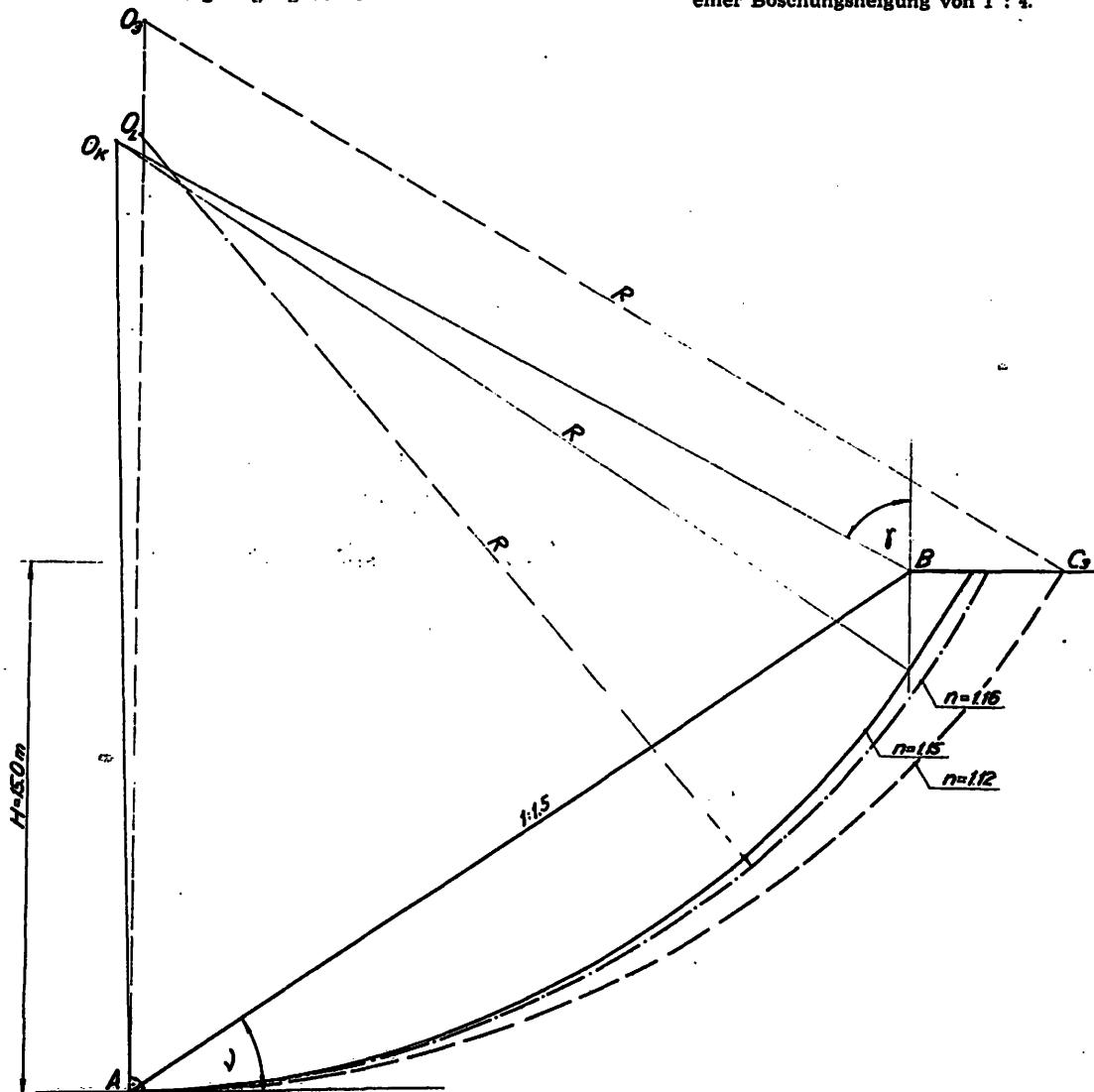
Sl. 13 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 10,0 m i nagib kosine 1 : 3.

Abb. 13 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 10,0 m und bei Böschungsneigung von 1 : 3.



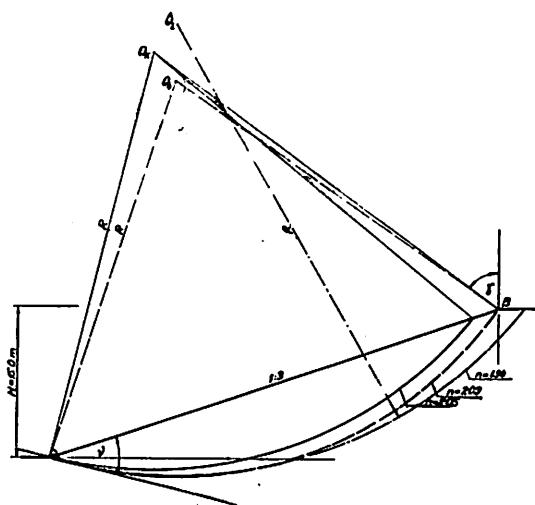
Sl. 14 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 15,0 m i nagib kosine 1 : 4.

Abb. 14 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 15,0 m und bei einer Böschungsneigung von 1 : 4.



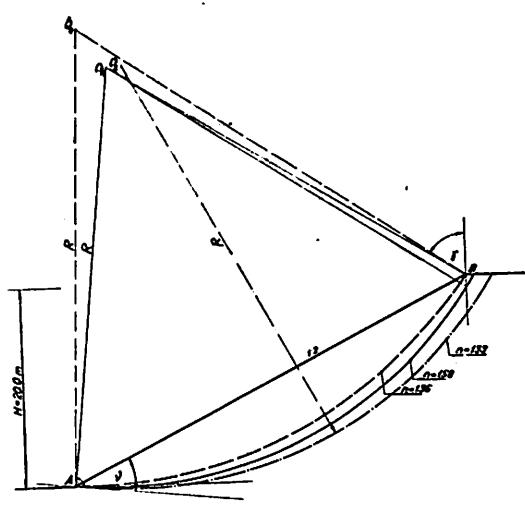
Sl. 15 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 15,0 m i nagib kosine 1 : 1,5.

Abb. 15 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossanhöhe von 15,0 m und Böschungsneigung 1 : 1,5.



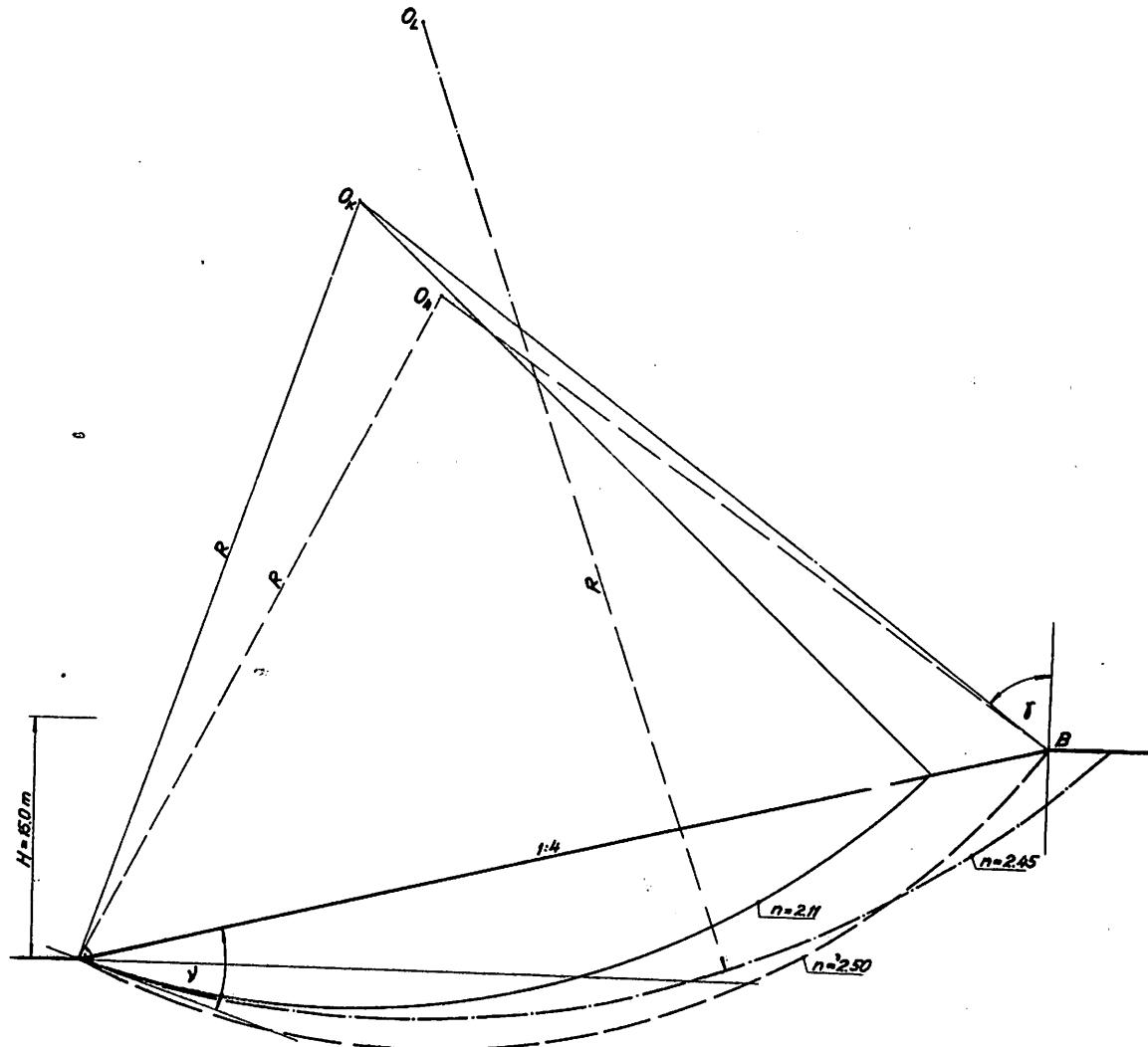
Sl. 16 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 15,0 m i nagib kosine 1 : 3.

Abb. 16 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 15,0 m und Böschungsneigung 1 : 3.



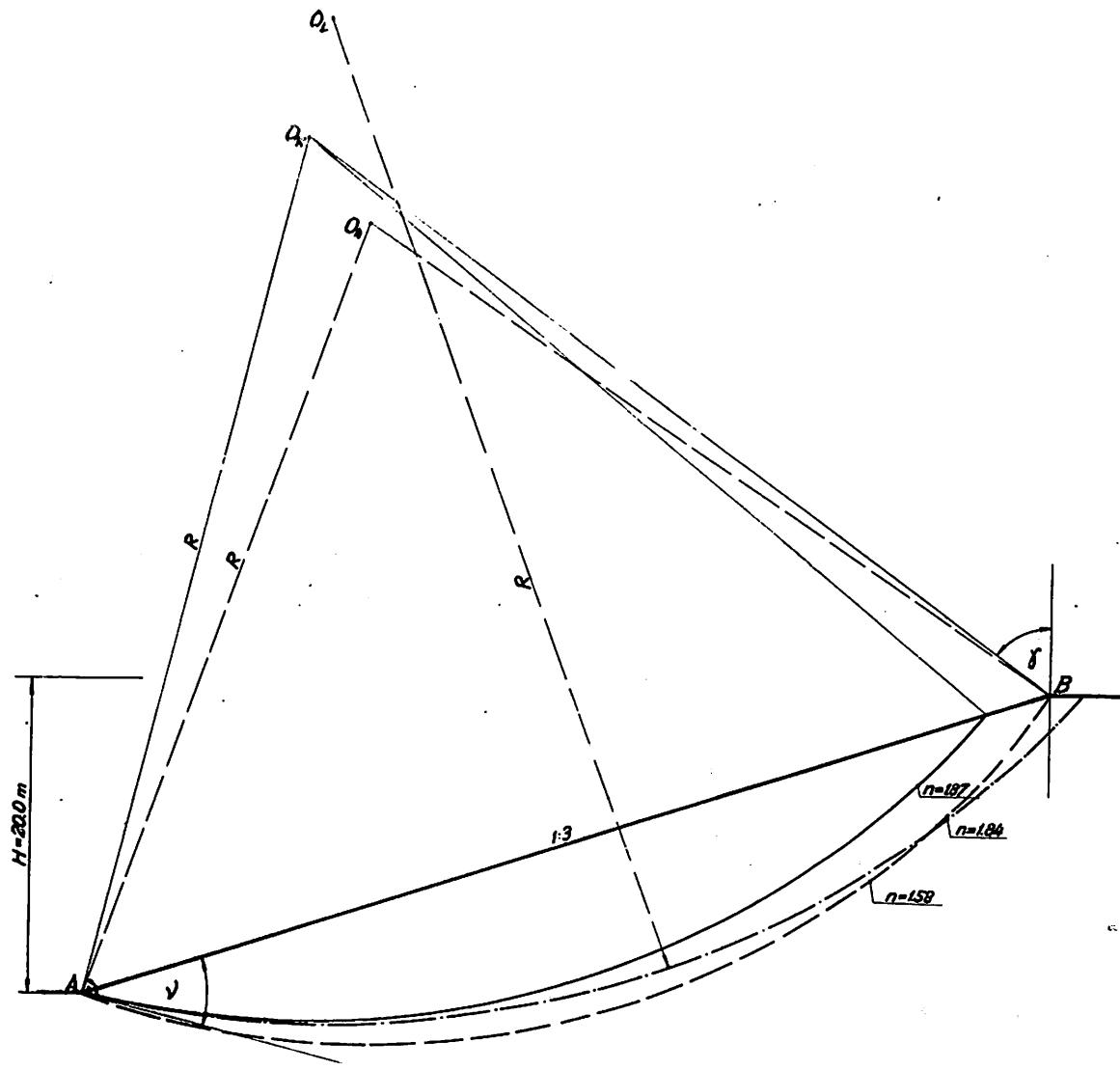
Sl. 17 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 15,0 m i nagib kosine 1 : 4.

Abb. 17 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 15,0 m und Böschungsneigung 1 : 4.

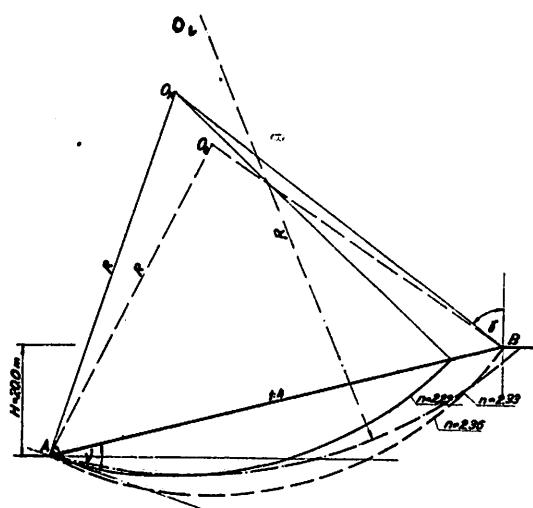


Sl. 18 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 20,0 m i nagib kosine 1 : 2.

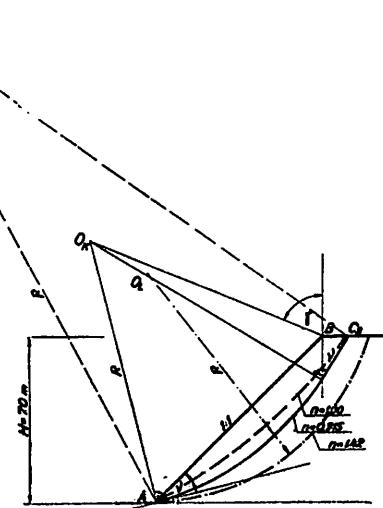
Abb. 18 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 20,0 m und Böschungsneigung 1 : 2.



Sl. 19 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 20,0 m i nagib kosine 1 : 3.
Abb. 19 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 20,0 m und Böschungsneigung 1 : 3.



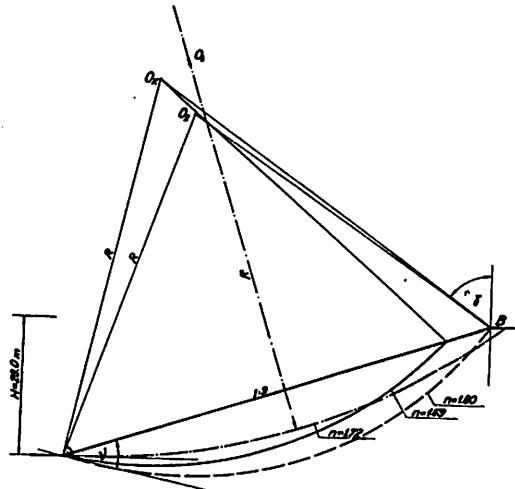
Sl. 20 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 20,0 m i nagib kosine 1 : 4.
Abb. 20 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 20,0 m und Böschungsneigung 1 : 4.



Sl. 21 — Uporedenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 7,0 m i nagib kosine 1 : 1.
Abb. 21 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 7,0 m und Böschungsneigung 1 : 1.

Abb. 21 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 7,0 m und Böschungsneigung 1 : 1.

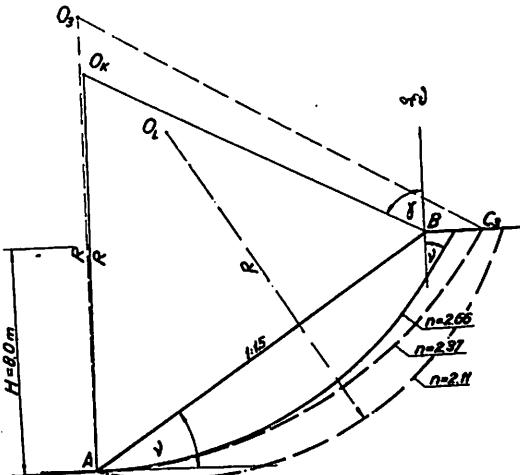
Za istu visinu kosine nagiba $1 : 1.5$ dobijeni su različiti koeficijenti sigurnosti, koji se kreću od 1,72 do 2,21, pri čemu je za metodu Felleniusa dobijeno $n = 1,72$, a za ostale



Sl. 22 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 28,0 m i nagib kosine $1 : 3$.

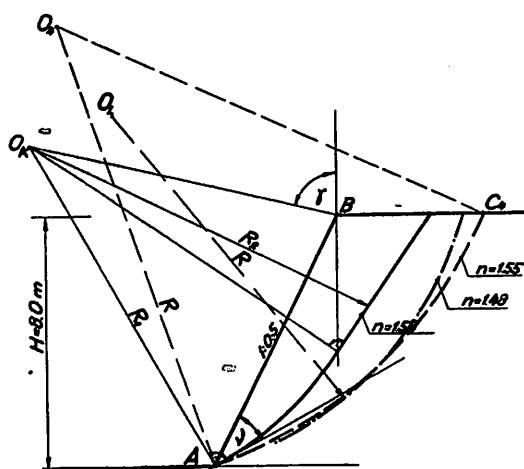
Abb. 22 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 28,0 m und Böschungsneigung $1 : 3$.

— Za visinu etaže $H = 10 \text{ m}$ i nagib kosine $1 : 1$, po Felleniusu kosina je nestabilna sa $n = 0,92$, dok je po ostalim metodama $n = 1,10$ i $1,06$. Za nagib $1 : 2$ dobijene



Sl. 24 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 8,0 m i nagib kosine $1 : 1.5$.

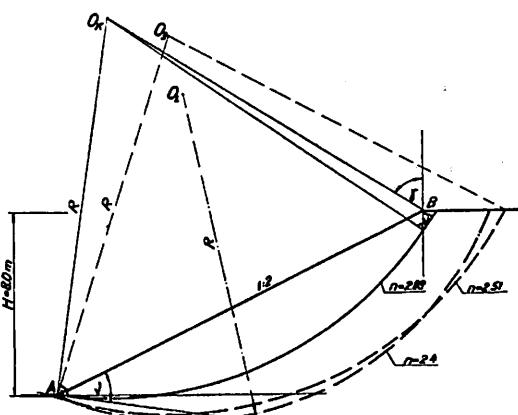
Abb. 24 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 8,0 m und Böschungsneigung $1 : 1.5$.



Sl. 23 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže i nagib kosine $1 : 0.5$.

Abb. 23 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe und Böschungsneigung $1 : 0.5$.

dve metode $n = 2,19$ i $2,21$, što znači, da se po Konečnom i Lomiseu dobijaju znatno veći koeficijenti sigurnosti. Iz ovog proizlazi da se za visinu etaže $H = 5,0 \text{ m}$ koeficijenti sigurnosti bolje slažu za veći nagib $1 : 1$ nego za manji $1 : 1.5$.



Sl. 25 — Upoređenje kritičnih kliznih površina za visinu etaže 8,0 m i nagib kosine $1 : 2$.

Abb. 25 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Strossenhöhe von 8,0 m und Böschungsneigung $1 : 2$.

su vrlo različite vrednosti i to po Felleniusu $n = 1,39$, po Konečnom 2,01, a po Lomiseu 1,58, tako da je neslaganje dosta veliko.

Za nagib $1 : 3$ dobijene su vrlo bliske vrednosti koeficijenta sigurnosti i to $n = 2,19$, 2,26 i 2,12, što znači da se u ovom slučaju sve tri metode dobro slažu.

Tablica 1

Prikaz elemenata za određivanje kritične klizne površine i koeficijenta stabilnosti po metodi Felleniusa

Vrsta tla	Visina H (m)	Nagib	φ°	c (t/m ²)	γ (t/m ³)	R (m)	L (m)	Krit. kliz. krug o	F_N (m ²)	Σ_N (t)	F_T (m ²)	Σ_T (t)	n
A	5,0	1 : 1	25	1,0	1,7	8,57	9,62	0 ₃	13,56	23,40	9,71	16,5	1,54
	5,0	1 : 1,5	25	1,0	1,7	10,75	10,90	0 ₃	11,65	19,80	6,87	11,65	1,72
	10,0	1 : 1	25	1,0	1,7	22,70	16,70	0 ₂	29,90	50,70	25,84	43,80	0,92
	10,0	1 : 2	25	1,0	1,7	21,10	26,50	0 ₃	59,00	100,30	31,00	52,60	1,39
	10,0	1 : 3	25	1,0	1,7	26,80	33,60	0 ₄	96,60	164,20	28,20	47,90	2,19
	10,0	1 : 4	25	1,0	1,7	31,40	45,40	0 ₄	198,50	337,00	43,20	73,40	2,57
	15,0	1 : 1,5	25	1,0	1,7	30,50	31,90	0 ₃	94,16	160,00	56,00	95,00	1,12
	15,0	1 : 2	25	1,0	1,7	34,60	33,20	0 ₄	83,00	140,00	39,10	68,50	1,48
	15,0	1 : 3	25	1,0	1,7	39,90	50,70	0 ₄	234,00	398,00	68,92	117,00	2,09
	15,0	1 : 4	25	1,0	1,7	46,50	60,70	0 ₄	448,20	760,20	97,80	166,10	2,50
	20,0	1 : 2	25	1,0	1,7	46,20	45,90	0 ₄	149,20	252,30	70,60	120,00	1,36
	20,0	1 : 3	25	1,0	1,7	52,20	68,40	0 ₄	411,60	699,00	124,02	250,00	1,58
	20,0	1 : 4	25	1,0	1,7	62,80	89,80	0 ₄	792,00	1345,00	178,70	300,30	2,36
B	7,0	1 : 1	28	0,33	1,6	23,20	10,90	0 ₃	6,22	9,90	5,50	8,80	1,00
	28,0	1 : 3	28	0,33	1,7	74,40	96,40	0 ₂	835,40	1420,00	250,00	435,00	1,80
C	8,0	1 : 0,5	21	3,0	2,0	15,20	12,20	0 ₄	21,54	43,08	17,22	34,44	1,55
	8,0	1 : 1,5	21	3,0	2,0	16,30	17,05	0 ₃	25,59	51,18	15,00	30,00	2,37
	8,0	1 : 2	21	3,0	2,0	16,60	23,10	0 ₃	61,45	122,90	23,14	46,28	2,51
	32,0	1 : 1,5	21	3,0	2,0	65,40	68,40	0 ₃	426,20	853,40	244,60	489,20	1,09

Tablica 2

Prikaz elemenata za određivanje kritične klizne površine i koeficijenta stabilnosti po metodi Konečnog

Vrsta tla	Visina H (m)	Nagib	φ°	c (t/m ²)	γ (t/m ³)	$V = \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2}$	$\gamma = f(\alpha)$	R ₁ (m)	R ₂ (m)	L ₁ (m)	L ₂ (m)	F_N (m ²)	Σ_N (t)	F_T (m ²)	Σ_T (t)	n
A	5,0	1 : 1	25	1,0	1,7	32°30'	67°30'	7,95	—	8,05	—	4,84	8,25	4,40	7,49	1,59
	5,0	1 : 1,5	25	1,0	1,7	32°30'	62°	9,05	—	9,80	—	7,25	12,3	4,29	7,29	2,19
	10,0	1 : 1	25	1,0	1,7	32°30'	67°30'	15,9	—	16,1	—	19,23	32,60	16,84	28,60	1,10
	10,0	1 : 2	25	1,0	1,7	32°30'	58°	21,2	—	25,0	—	44,63	75,90	17,68	29,99	2,01
	10,0	1 : 3	25	1,0	1,7	32°30'	54°	27,5	—	31,2	—	85,08	114,5	25,47	43,24	2,26
	10,0	1 : 4	25	1,0	1,7	32°30'	42°30'	34,2	—	38,8	—	99,3	168,5	26,60	45,29	2,69
	15,0	1 : 1,5	25	1,0	1,7	32°30'	62°	27,0	—	28,7	—	69,18	117,50	42,52	72,30	1,15
	15,0	1 : 2	25	1,0	1,7	32°30'	58°	31,90	—	36,10	—	99,98	169,70	37,46	63,70	1,81
	15,0	1 : 3	25	1,0	1,7	32°30'	54°	41,6	—	47,1	—	176,06	299,0	53,24	90,60	2,06
	15,0	1 : 4	25	1,0	1,7	32°30'	52°30'	50,2	—	57,0	—	315,03	535,5	85,56	145,38	2,11
	20,0	1 : 2	25	1,0	1,7	32°30'	58°	42,3	—	47,9	—	184,70	310,4	71,54	121,52	1,58
	20,0	1 : 3	25	1,0	1,7	32°30'	54°	56,0	—	64,0	—	305,64	519,60	96,00	163,15	1,87
	20,0	1 : 4	25	1,0	1,7	32°30'	52°30'	68,4	—	77,5	—	439,36	746,0	109,18	185,81	2,29
B	7,0	1 : 1	28	0,33	1,6	31°	67°30'	11,33	—	11,09	—	9,05	14,48	7,75	12,40	0,915
	28,0	1 : 3	28	0,33	1,7	31°	54°	79,20	—	87,0	—	570,12	884,0	184,22	313,17	1,59
C	8,0	1 : 0,5	21	3,0	2,0	34°30'	77°	11,9	12,05	5,6	5,2	6,4	12,8	6,4	12,8	1,58
	8,0	1 : 1,5	21	3,0	2,0	34°30'	62°	14,25	—	16,10	—	21,97	43,94	12,29	24,58	2,65
	8,0	1 : 2	21	3,0	2,0	34°30'	58°	16,75	—	19,50	—	31,73	63,46	14,34	28,74	2,88
	32,0	1 : 1,5	21	3,0	2,0	34°30'	62°	56,40	56,7	56,0	8,7	346,4	692,28	201,60	403,2	1,22

Tablica 3

Prikaz elemenata za određivanje kritične klizne površine i koeficijenta stabilnosti po metodi Lomisea

Vrsta tla	Visina H (m)	Nagib	γ (t/m^3)	c (t/m^2)	ϕ°	$\operatorname{tg} \phi$	$\frac{c}{\gamma \cdot H}$	$\operatorname{tg} \varphi_0$	$\frac{c_o}{\gamma \cdot H}$	n = $\frac{\operatorname{tg} \phi}{\operatorname{tg} \varphi_0}$	x / H	y / H	x	y
A	5,0	1 : 1	1,7	1,0	25	0,466	0,1750	0,250	0,095	1,86	+ 0,05	+ 1,35	+ 0,25	+ 6,75
	5,0	1 : 1,5	1,7	1,0	25	0,466	0,1750	0,211	0,080	2,21	+ 0,30	+ 1,54	+ 1,5	+ 7,70
	10,0	1 : 1	1,7	1,0	25	0,466	0,0588	0,438	0,0545	1,06	- 0,14	+ 1,40	- 1,4	+ 14,0
	10,0	1 : 2	1,7	1,0	25	0,466	0,0588	0,294	0,0355	1,58	+ 0,45	+ 1,935	+ 4,5	+ 19,35
	10,0	1 : 3	1,7	1,0	25	0,466	0,0588	0,220	0,0260	2,12	+ 0,830	+ 2,87	+ 8,3	+ 28,70
	10,0	1 : 4	1,7	1,0	25	0,466	0,0588	0,179	0,0215	2,60	+ 1,30	+ 3,70	+ 13,0	+ 37,00
	15,0	1 : 1,5	1,7	1,0	25	0,466	0,0392	0,400	0,0345	1,16	0,00	+ 1,81	0,00	+ 27,15
	15,0	1 : 2	1,7	1,0	25	0,466	0,0392	0,327	0,0270	1,425	+ 0,360	+ 2,04	+ 5,4	+ 30,6
	15,0	1 : 3	1,7	1,0	25	0,466	0,0392	0,240	0,0200	1,94	+ 0,820	+ 2,88	+ 12,3	+ 43,2
	15,0	1 : 4	1,7	1,0	25	0,466	0,0392	0,190	0,0160	2,45	+ 1,24	+ 3,90	+ 18,6	+ 58,5
	20,0	1 : 2	1,7	1,0	25	0,466	0,0294	0,350	0,021	1,33	+ 0,31	+ 2,11	+ 6,2	+ 42,2
	20,0	1 : 3	1,7	1,0	25	0,466	0,0294	0,253	0,0155	1,84	+ 0,735	+ 3,10	+ 14,7	+ 62,0
	20,0	1 : 4	1,7	1,0	25	0,466	0,0294	0,200	0,0125	2,33	+ 1,18	+ 4,09	+ 23,6	+ 81,8
B	7,0	1 : 1	1,7	0,33	28	0,532	0,0942	0,375	0,065	1,42	- 0,05	+ 1,375	- 0,35	+ 9,6
	28,0	1 : 3	1,6	0,33	28	0,532	0,0060	0,306	0,0040	1,74	+ 0,10	+ 4,84	+ 2,80	+ 135,52
C	8,0	1 : 0,5	2,0	3,0	21	0,384	0,1874	0,260	0,1255	1,48	- 0,4	+ 1,40	- 3,2	+ 11,2
	8,0	1 : 1,5	2,0	3,0	21	0,384	0,1874	0,182	0,0885	2,11	+ 0,37	+ 1,50	+ 2,96	+ 12,0
	8,0	1 : 2	2,0	3,0	21	0,384	0,1874	0,160	0,0780	2,40	+ 0,7	+ 1,65	+ 5,6	+ 13,2
	32,0	1 : 1,5	2,0	3,0	21	0,384	0,0552	0,330	0,0492	1,16	+ 0,14	+ 1,68	+ 4,48	+ 53,76

Tablica 4

Opšti pregled koeficijenta sigurnosti po metodi proračuna stabilnosti kosine Felleniusa, Konečnog i Lomisea, kao i odstojanje kritične klizne površine od ivice kosine

Vrsta tla	Visina H (m)	Nagib	c (t/m^2)	ϕ°	γ (t/m^3)	Koeficijent sigurnosti n po			Odstojanje kritične klizne površine do vrha kosine (m) po		
						Felle-niusu	Koneč-nom	Lomi-seu	Pelle-niusu (m)	Koneč-nom (m)	Lomi-seu (m)
A	5,0	1 : 1	1,0	25	1,7	1,54	1,59	1,86	2,40	0,95	1,85
	5,0	1 : 1,5	1,0	25	1,7	1,72	2,19	2,21	1,65	0,40	1,40
	10,0	1 : 1	1,0	25	1,7	0,92	1,10	1,06	1,70	0,95	1,10
	10,0	1 : 2	1,0	25	1,7	1,39	2,01	1,58	1,40	0,10	0,90
	10,0	1 : 3	1,0	25	1,7	2,19	2,26	2,12	0,00	na kosini	1,90
	10,0	1 : 4	1,0	25	1,7	2,57	2,69	2,60	0,00	na kosini	1,50
	15,0	1 : 1,5	1,0	25	1,7	1,12	1,15	1,16	1,80	4,3	2,20
	15,0	1 : 2	1,0	25	1,7	1,48	1,81	1,42	0,00	0,90	2,30
	15,0	1 : 3	1,0	25	1,7	2,09	2,06	1,94	0,00	na kosini	2,40
	15,0	1 : 4	1,0	25	1,7	2,50	2,11	2,45	0,00	na kosini	3,70
	20,0	1 : 2	1,0	25	1,7	1,36	1,58	1,33	0,00	0,90	2,60
	20,0	1 : 3	1,0	25	1,7	1,58	1,87	1,84	0,00	na kosini	2,10
	20,0	1 : 4	1,0	25	1,7	2,36	2,29	2,33	0,00	na kosini	3,00
B	7,0	1 : 1	0,33	28	1,6	1,00	0,915	1,42	1,10	1,20	2,10
	28,0	1 : 3	0,33	28	1,7	1,80	1,59	1,74	0,00	na kosini	1,50
C	8,0	1 : 0,5	3,0	21	2,0	1,55	1,58	1,48	4,75	3,00	4,10
	8,0	1 : 1,5	3,0	21	2,0	2,37	2,66	2,11	1,15	2,05	2,75
	8,0	1 : 2	3,0	21	2,0	2,51	2,88	2,40	3,60	0,80	2,90
	32,0	1 : 1,5	3,0	21	2,0	1,09	1,22	1,16	8,40	4,90	6,40

Za nagib $1 : 4$ dobijeni koeficijenti sigurnosti takođe se dobro slažu, sa koeficijentom sigurnosti $n = 2,57, 2,69$ i $2,60$.

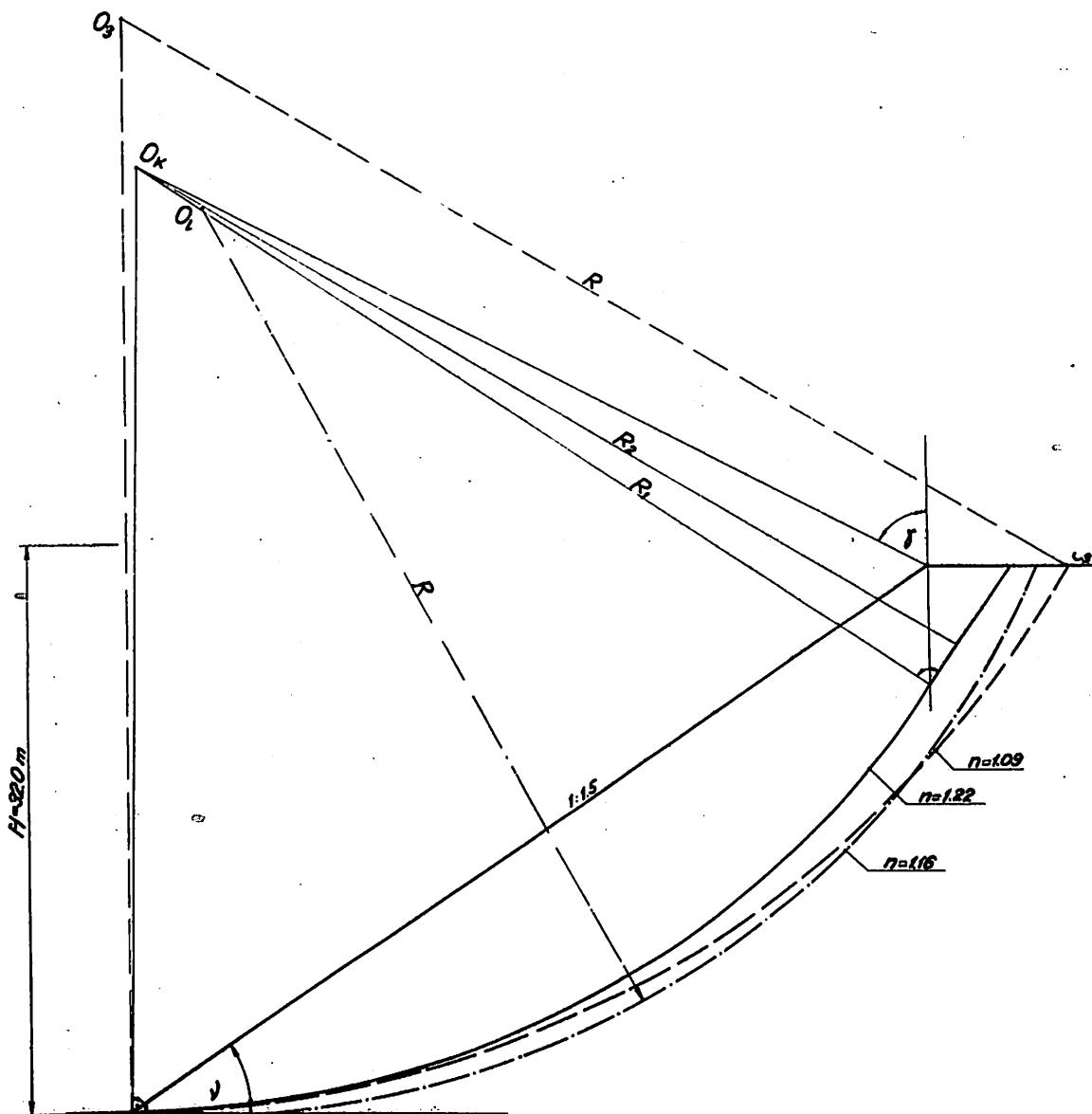
Za visinu etaže $H = 15,0$ m i nagib kosine $1 : 1,5$ dobijene su vrlo bliske vrednosti koeficijenta sigurnosti $n = 1,12, 1,15$ i $1,16$.

Za nagib kosine $1 : 2$ dobijena su izvesna odstupanja po metodi Konečnog, dok se po ostalim dvema metodama dobijeni koefici-

jenti sigurnosti dosta dobro slažu, $n = 1,48, 1,81$ i $1,42$.

Za nagib kosine $1 : 3$, dobijene vrednosti koeficijenta sigurnosti dosta dobro se slažu, $n = 2,09, 2,06$ i $1,94$.

Za nagib kosine $1 : 4$ koeficijenti sigurnosti po Felleniusu i Lomiseu dobro se slažu, dok po Konečnom ima znatnog odstupanja, $n = 2,50$ i $2,11$ i $2,45$.



Sl. 26 — Upoređenje kritičnih kližnih površina za visinu etaže $32,0$ m i nagib kosine $1 : 1,5$.

Abb. 26 — Vergleichsanstellung der kritischen Rutschflächen für eine Stroßenhöhe von $32,0$ m und Böschungswinkel $1 : 1,5$.

— Za visinu etaže $H = 20,0$ m i nagib kosine $1 : 2$ koeficijenti sigurnosti po Felleniusu i Lomiseu dobro se slažu, dok po Konečnom ima izvesnog odstupanja, $n = 1,36$, $n = 1,58$ i $1,83$.

Za nagib kosine $1 : 3$ postoji izvesno odstupanje po Felleniusu, a ostale dve metode, koje se među sobom slažu, daju veći koeficijent sigurnosti, $n = 1,58$, $1,87$ i $1,84$.

Za nagib $1 : 4$ dobijeni koeficijenti sigurnosti dobro se slažu za sve tri metode, $n = 2,36$, $2,29$ i $2,33$.

Upoređujući odstojanje kritične klizne površine od vrha kosine, dobijamo dosta različite vrednosti ovih odstojanja, pri čemu po metodi Konečnog za nagibe kosine $1 : 3$ i $1 : 4$ kritična klizna površina preseca kosinu ispred vrha. U ovakvim slučajevima dolazi, uglavnom, i do većih odstupanja vrednosti koeficijenta sigurnosti po Konečnom u odnosu na Felléniusa.

Iz ovog proizlazi, da postoji dobra saglasnost u pogledu dobijenih vrednosti koeficijenata sigurnosti za sve tri metode, sa izuzetkom metode Konečnog u slučajevima kada kritična klizna površina preseca kosinu etaže ispod vrha. U tom slučaju koeficijent sigurnosti po Konečnom treba obavezno provjeriti po jednoj od ostalih dveju metoda.

U pogledu odstojanja kritične klizne površine od vrha kosine, analizirajući mesto pojavljivanja kritične klizne površine, za požamamo da se kod proračuna po metodi Felleniusa u većini slučajeva kritična klizna površina javlja na samoj ivici kosine ili u njenoj blizini, po metodi Konečnog uglavnom vrlo blizu vrha kosine ili ispod njega, sa izuzetkom za etažu visine $H = 15,0$ m i nagib kosine $1 : 1,5$, dok metoda Lomisea u tom pogledu daje veća odstupanja od vrha kosine i ne pojavljuje se na kosini.

Međutim, odstojanje kritične klizne površine na površini terena treba odrediti na osnovu opštih geoloških i drugih prilika terena, gde nam vrednost, dobijena proračunom, daje samo orientacionu veličinu.

U pogledu toka kritične klizne površine takođe postoje izvesna odstupanja; u najvećem broju ispitanih slučajeva najdublja kosina je po metodi Felleniusa, a najplića po Konečnom.

Važan faktor pri proračunu stabilnosti kosina površinskih otkopa je i vreme trajanja odnosno postojanja kosina. Za praktične potrebe u rudarstvu, kod površinskih otkopa,

potrebitno je odrediti koeficijent sigurnosti, s obzirom na vreme trajanja kosina, koje su u ovim slučajevima privremene, što nije slučaj kod građevinskih objekata, gde su one stalne. S obzirom na to, možemo pri proračunu stabilnosti kosina usvojiti i metode koje daju veće koeficijente sigurnosti, pri svim ostalim istim uslovima.

Na osnovu ove analize metoda možemo reći, da za proračun stabilnosti radnih etaža kod površinskih otkopa treba usvojiti brže i jednostavnije metode.

U ovom slučaju, to su metode Konečnog i Lomisea, dok kod proračuna stabilnosti generalnih stalnih kosina, metoda Felleniusa ostaje i dalje kao najcelishodnija, jer daje najmanji koeficijent sigurnosti. S obzirom na vremenski faktor trajanja kosine, potrebno je uskladiti gradaciju stabilnosti prema faktoru vremena. Koeficijent stabilnosti kod površinskih otkopa može biti: privremeni, normalni i trajni.

Privremeni koeficijent stabilnosti koristimo kod brzog otkopavanja pojedinih delova otkopa, jer se razaranja vrše posle otkopavanja i ne predstavljaju opasnost od nastale deformacije (pošto se front otkopavanja kreće vrlo brzo). U ovom slučaju potrebno je odrediti stabilnost kosine za vremensko trajanje od nekoliko meseci do dve do tri godine.

Normalna stabilnost treba da omogući vek trajanja površinskog otkopa 15 — 20 godina, a trajna stabilnost preko 30 godina.

U cilju proveravanja ovakve gradacije, potrebno je nastaviti sa proučavanjem stabilnosti kosine etaža površinskih otkopa, proširiti ih drugim metodama koje ovde nisu tretirane i vršiti upoređenja na terenu. Rezultati proračuna stabilnosti kosina, provedeni u stvarnosti, biće prava potvrda za izbor odgovarajućih metoda proračuna. Ovakav postupak zahtevaće dosta vremena i sistematski rad, ali se pravi rezultati mogu samo na taj način postići.

Zaključak

Rušenje i deformacija etaža površinskih otkopa i odlagališta su česte pojave kod radova na površinskom otkopavanju. Postoji više uzroka za ove pojave, ali one najčešće nastaju kao posledice geoloških i hidrogeoloških prilika terena, nepovoljnog sastava i

fizičko-mehaničkih osobina tla i nepravilno izabrane metode eksploatacije. Najčešći faktor za osiguranje stabilnosti etaža površinskih otkopa i odlagališta je određivanje visine i ugla nagiba kosine etaža u zavisnosti od fizičko-mehaničkih osobina tla, a u skopu svih geoloških i hidrogeoloških uslova.

Postoje različite metode određivanja stabilnosti zemljanih kosina, koje se mogu uspešno primenjivati i za etaže površinskega otkopa i odlagališta, ali je za svrhu određivanja kritične klizne površine i koeficijenta

sigurnosti, kako visinskog reza u otkopu, tako i kosine odlagališta, potreban veliki rad, koji zahteva veći utrošak vremena. U cilju iznalaženja brže i ekonomičnije metode za tu svrhu, u ovom članku izvršena su upoređenja novih i uprošćenih metoda Konečnog i Lomisea sa klasičnom švedskom metodom Felleniusa, koja su pokazala, da se prve dve metode mogu uspešno primeniti kod radnih kosina etaža površinskog otkopa i odlagališta, a da za stabilnost generalnih stalnih kosina treba primeniti metodu Felleniusa.

ZUSAMMENFASSUNG

Vergleichsweise Analyse der Stabilitätsberechnung für Tagebauströssen und Kippen nach vereinfachten Verfahren zur Bestimmung der kritischen Gleitflächen

Prof. ing. N. Najdanović — dipl. ing. R. Obradović*)

Einstürzungen und Deformationen der Tagebauströssen und Kippen sind nicht selte Fälle gelegentlich der Arbeitsausführungen in Tagebauen. Dieselben sind auf verschiedene Ursachen zurückzuführen, jedoch in der Regel sind es Folgen der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Geländes, des ungünstigen Bestandes und der physikalisch-mechanischen Bodeneigenschaften, sowie einer falsch gewählten Ausbeutemethode. Der wichtigste Faktor für die Sicherung der Standfestigkeit der Strössen und Kippen wird durch die Bestimmung der Höhe und des Böschungswinkels der Strosse, in Abhängigkeit der physikalisch-mechanischen Bodeneigenschaften — bei Beachtung aller geologischen und hydrogeologischen Bedingungen — gewonnen.

Es bestehen verschiedene Methoden der Standfestigkeitsbestimmung von Bodenböschungen, die erfolgreich auch für die Strossen der Tagebau und Kippen angewandt werden können. Jedoch für die Bestimmung der kritischen Gleitflächen und des Sicherheitsgrades, für den Hochschnitt im Tagebau und auch für die Kippenböschungen, wird ziemlich viel Zeit und Mühe gefordert. Zwecks Ausfindung einer rascheren und ökonomischeren Methode wurde in der vorliegenden Arbeit ein Vergleich der neuen und vereinfachten Methoden von Konečni und Lomise mit der klassischen schwedischen Methode nach Fellenius durchgeführt, der ergab, dass die ersten zwei Methoden erfolgreich bei Arbeitsböschungen der Tagebauströssen und Kippen angewandt werden können, jedoch für die Berechnung der Standsicherheit von Dauerböschungen soll die Methode Fellenius angewendet werden.

Literatura

Konečni, V., 1964: Rychlé určeví, průběhu nebezpečné svážné plochy svahu a jejího středu. — „Inženýrske stavby“ br. 12, Most.

Myslivec, A., 1963: Mechanika zemin. — Prag.
Najdanović, N., 1963: Mehanika tla. — Beograd.

*) Dipl. ing. Nikola Najdanović, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.
Dipl. ing. Radmilo Obradović, asistent Biroa za rudarstvo u Rudarskom institutu — Beograd.

Masivne konstrukcije u rudarstvu

I. Potporni zidovi^{*)}

(sa 19 slika)

Prof. ing. Dragutin Damjanović

Uvod

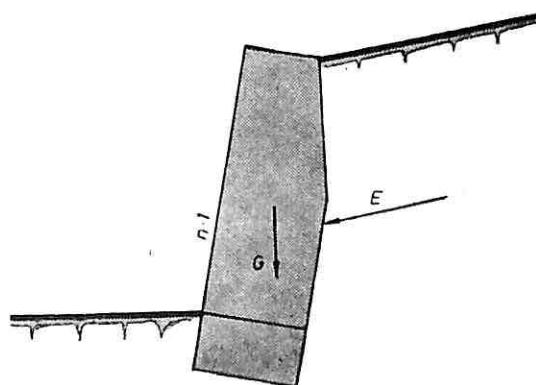
U rudarstvu je vrlo česta primena masivnih građevinskih konstrukcija od betona ili kamena u cementnom malteru. To je osobito čest slučaj na površinskim otkopima, čija pravilna eksploatacija uslovljava i primenu masivnih veštačkih objekata. Jedna takva konstrukcija je i potporni zid, koji se, zbog svoje važnosti u tehničkom i ekonomskom pogledu, mora uvek detaljno tretirati od slučaja do slučaja. Potporni zid je u prvom redu namenjen održavanju stabilnosti izvršenih zemljanih radova na rudarskim saobraćajnicama, npr. na putevima i željezničkim prugama. Sem toga, on je skoro redovno u upotrebi kao stabilizacioni objekat na mestima ugroženim od klizišta tla (ručeva), kao i na održavanju stabilnosti kosina na kanalima i zasećima tla za razne svrhe; građenje zgrada, radionica, hala, garaža, itd. na terenu pod nagibom, redovno uslovljava i građenje potpornih zidova. Prema tome, to je konstrukcija koja je odredena da prima uticaje spoljnih sila, da ih pravilno prenosi preko svojih temelja na zemljište, pa se kao takva tretira i statički ispituje. Za razliku od potpornih zidova koji primaju i prenose spoljne sile, u primeni su i „obložni zidovi”,

koji nose samo svoju sopstvenu težinu, pa su prema tome, namenjeni zaštiti zemljanih radova od vode i atmosferskih uticaja (vetar, mraz, itd.)

Oblik potpornog zida i vrsta građevinskog materijala

Kakav oblik treba dati potpornom zidu? Nesumnjivo takav, da bude najbolje prilagođen pravilnom prijemu spoljnih statičkih uticaja, ali istovremeno konfiguraciji i nosivosti tla na kome se gradi (sl. 1).

U određenim slučajevima, kada je potrebno da lice potpornog zida bude vertikalno, njegov će oblik biti kao na sl. 2.

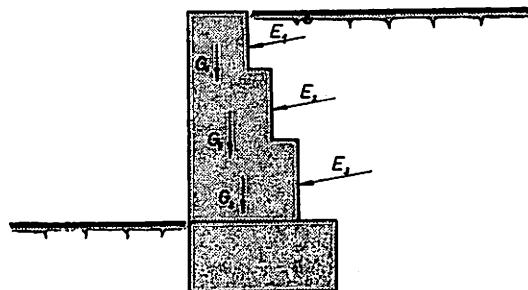


Sl. 1 — Poprečni presek potpornog zida.

Fig. 1 — Coupe transversale d'un mur de soutènement.

^{*)} „Potporni zidovi” je prvi od 3 članka, koji obuhvataju „Masivne konstrukcije u rudarstvu”.

U rudarstvu se potporni zidovi najčešće grade za ograničeno vremensko trajanje, od jedne do nekoliko godina. Redi su slučajevi, kada su potporni zidovi namenjeni prijemu i prenošenju spoljnih sila za dugi niz godina, iz čega treba izvući zaključak da se, prema tome, vrši izbor potrebnog građevinskog materijala. S druge strane, i vrsta građevinskog materijala uslovljava oblik zida. Tako, ako

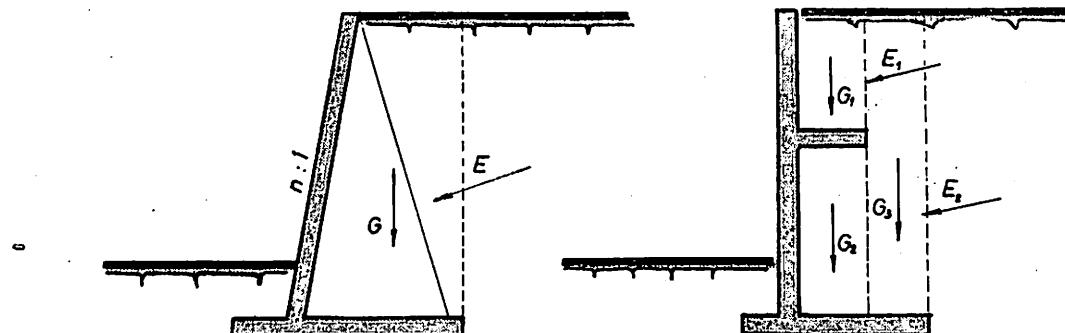


Sl. 2 — Poprečni presek potpornog zida.
Fig. 2 — Coupe transversale d'un mur de soutènement.

ako je u granicama dozvoljenih zatežujućih napona za građevinski materijal koji se primjenjuje (npr. ako je u pitanju lomljen kamen u cementnom malteru, tada je za veličinu napona na zatezanje merodavan cementni malter kao spojno sredstvo). Svi drugi oblici potpornih zidova, tankih i vitkih preseka, uslovljavaju primenu armiranog betona, kome se mogu poveravati i velika zatezanja. Zbog specifičnih razloga koji su raniye izneti, takvi potporni zidovi nisu podesni u rudarstvu, sem u sasvim izuzetnim slučajevima, kada se iz ekonomskih i drugih razloga ne može primeniti kamen. Neki od oblika potpornih zidova od armiranog betona dati su na sl. 3.

Statika potpornog zida

Kao što je ranije izneto, potporni zid u rudarstvu treba posmatrati kao masivnu konstrukciju, koja se samo svojom sopstvenom



Sl. 3 — Poprečni preseci potpornih zidova.
Fig. 3 — Coupes transversales des murs de soutènement.

se za gradenje potpornog zida primeni lomljen kamen u cementnom malteru, što je najčešći slučaj u rudarstvu, tada on može biti samo u vidu masivne konstrukcije (sl. 1 i 2). Pri tome treba napomenuti, da se masivni potporni zidovi mogu graditi i od betona, ali da je za rudarstvo pogodniji kamen, koji se, za slučaj potrebe, može upotrebiti na svakom drugom mestu.

Oblik masivnog potpornog zida treba tako odrediti, da nijedan njegov deo ne bude izložen opasnom zatezaju, uzimajući pri tome uticaj kritičnog opterećenja, u prvom redu od pritiska zemlje sa strane. Takvo zatezanje u potpornom zidu može se tolerisati samo

težinom i povoljno izabranim oblikom, suprotstavlja uticaju spoljnih sila. Tako npr. potporni zid prema sl. 4, neće uvek biti stabilan, jer se može okrenuti oko tačke „a”, ili utonuti u tlo, ako su stvarni naponi u toj tački veći od dozvoljenog napona na pritisak za tu vrstu zemljišta. U oba slučaja je zid nestabilan (sl. 4).

U takvom slučaju treba, dakle, povećati sopstvenu težinu potpornog zida do veličine, koja će moći da se suprotstavi dejstvu sile od zemljiniog pritiska „E”, što s druge strane znači povećanje njegovih dimenzija, a s tim i poskupljenje objekta (sl. 4 tačkasto). Prema tome, treba probanjem preći na uvođenje

prednjeg nagiba zida i oblika prema sl. 1, pri čemu oblik zida, uglavnom, sledi pravac resultante sile R (sl. 5).

Za proračunavanje potpornog zida odnosno proveravanje njegove stabilnosti, treba imati sledeće podatke koji moraju biti poznati. To su:

- vrsta građevinskog materijala za potporni zid (npr. kamen u cementnom malteru);

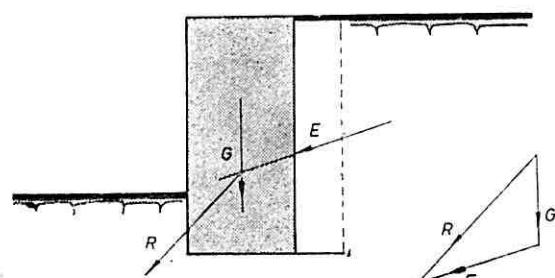
- dozvoljena nosivost tla na kome se gradi potporni zid, u kg/cm^2 ;

- podaci za zemljani materijal pozadi potpornog zida, i to:

- γ = zapreminska težina zemljanog materijala, u t/m^3

- φ = ugao unutrašnjeg trenja zemljanog materijala

- δ = ugao trenja između zemljanog materijala i potpornog zida

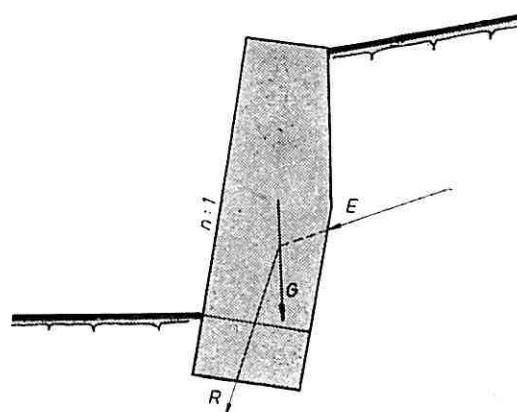


Sl. 4 — Pojačanje poprečnog preseka potpornog zida.
Fig. 4 — Elargissement de la section d'un mur de soutènement.

Kao što se vidi, broj uticajnih faktora je veliki, pa je zbog toga problem dimenzijskog rješenja sveden na problem statičkog ispitivanja, što je, u stvari, i lakše a i statički ispravnije, u prvom redu zato, što se ima veći uvid u način proračuna i u dobijene vrednosti napona u potpornom zidu i na tlu. Pri konstruisanju potpornog zida, po pravilu se jednovremeno radi projektovanje, statičko ispitivanje i upoređivanje računski dobijenih napona sa stvarno dozvoljenim. U toku takvog rada dolazi do izmene prepostavljenih dimenzija i nagiba potpornog zida, pri čemu se, za svaku izmenu tih podataka, redovno ponavlja ceo tok statičkog ispitivanja. Takav rad se vrši sve do kada se ne dobije optimalno rešenje njegovih dimenzija i nagiba.

Analiza opterećenja

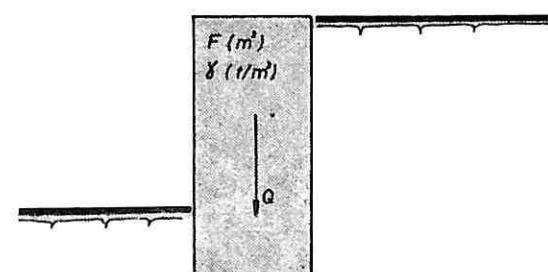
Sopstvena težina potpornog zida. — To je statička sila izražena u t ili kg, koja se izračunava iz prethodno usvojenih dimenzija potpornog zida i zapreminske težine građevinskog materijala koji se primjenjuje. Za površinu poprečnog preseka zida F (m^2) i zapreminsku težinu γ (t/m^3) njegovog materijala, sopstvena težina potpornog zida je : $Q = F \cdot \gamma$ u tonama ili kilogramima za jedan metar dužni zida (sl. 6).



Sl. 5 — Poprečni presek potpornog zida sa nagnutim stranama.

Fig. 5 — Coupe transversale d'un mur de soutènement avec cotés inclinés.

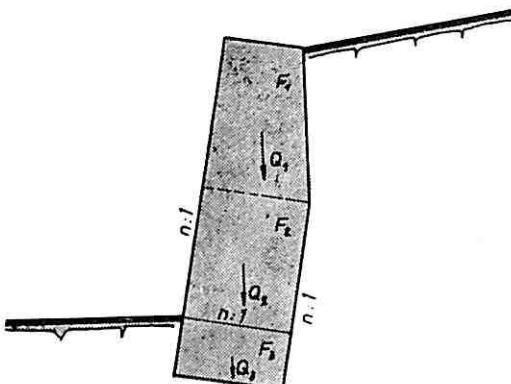
To je slučaj kada se statičko ispitivanje vrši za jedan dužni metar prstena (kampade) zida. Međutim, ako se ispitivanje stabilnosti vrši za celu dužinu prstena „ l ” tj. za celu dužinu između dveju uzastopnih dilatacionih fuga, tada je sila $Q = F \cdot \gamma l$ u t ili kg. Sila Q , kao gravitaciona, dejstvuje u težištu poprečnog preseka potpornog zida. Za slučaj



Sl. 6 — Elementi za proračun sile Q .
Fig. 6 — Elements pour calculer la force Q .

složenog preseka potpornog zida, kada je određivanje zajedničkog težišta komplikovanije, sila Q može biti izražena sa više pojedinačnih sila $Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$, pri čemu svaka od njih dejstvuje u težištu odgovarajućeg preseka (sl. 7).

Sila zemljinog pritiska E . — To je sila kojom zemlja dejstvuje na zadnju površinu potpornog zida i koju treba zid da primi i pravilno prenese na tlo preko svog temelja. To je aktivna sila koju treba uvek uvoditi u proračun kada za to ima uslova. Teorija proračuna zemljinog pritiska

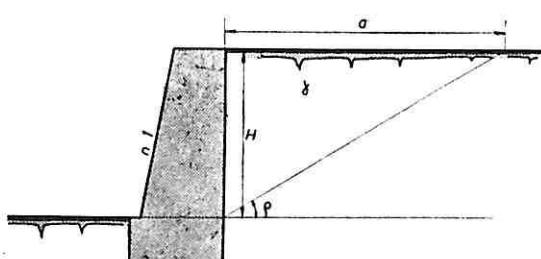


Sl. 7 — Sračunavanje parcijalnih sile i težišta popr. preseka.

Fig. 7 — Forces des coupes partielles avec centres de gravité.

ovde neće biti izložena, pošto predstavlja jedno posebno i obimno poglavje. U primeni su naročito grafičke metode, mada se često pritisak zemlje određuje pomoću poznatog Coulomb-Rankine-ovog izraza:

$$E = \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot \tan^2(45 - \varphi/2) \text{ u } t/m^2 \text{ potp. zida.}$$



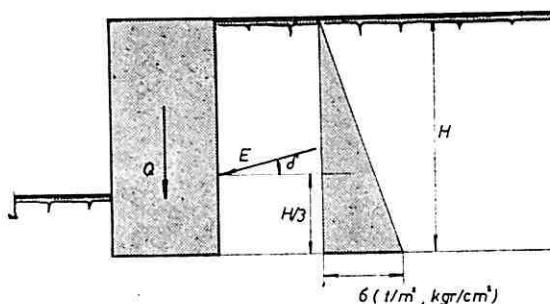
Sl. 8 — Elementi za proračun pritiska zemlje E .

Fig. 8 — Elements pour calculer la poussée de terre E .

Treba napomenuti, da se ovaj način može primeniti samo ako je gornja linija terena, u pozadini potpornog zida, horizontalna na dužini „a“ koju zahvata ugao φ (sl. 8).

Ako je linija terena proizvoljno nepravilnog oblika, što je i najčešći slučaj, bolje je primeniti odgovarajući grafički način za određivanje veličine sile E .

Napadnu tačku sile E treba odrediti prema težištu dijagrama napona od nje, na zadnjoj površini potpornog zida (sl. 9).



Sl. 9 — Određivanje napadne tačke sile E .

Fig. 9 — Détermination du point d'effet de la force E .

Iz uslova

$$E = \frac{\sigma \cdot H}{2}$$

dobija se

$$\sigma = \frac{2E}{H}$$

ili

$$\sigma = \gamma \cdot H \cdot \tan^2(45 - \varphi/2) \text{ u } t/m^2 \text{ ili } kg/cm^2.$$

Ako je poprečni presek potpornog zida sastavljen iz prednjeg nagiba $n : 1$ i jednog ili više preloma na njegovoj zadnjoj strani, tada se veličine i napadne tačke zemljinih pritisaka E određuju prema sl. 10.

Ugao trenja između zemljinog materijala i pozadine zida δ zavisi od načina dodira zemlje i pozadine zida. On se kreće u granicama od $\delta = \varphi$ za potpuno rapav dodir, do $\delta = 0$ ako je dodir gladak, npr. za mulj ili vodu. Najčešće se sa dovoljnom tačnošću može uzeti $\delta = \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3}\right)\varphi$.

Za slučaj da zaseci tla na površinskim kopovima, putevima ili željezničkim prugama, zahtevaju primenu visokih potpornih

zidova, koji moraju primiti veliku silu E od zemljinog pritiska, kada je i tlo napregnuto velikim naponima od vertikalnih sile i momenata, prema izrazu:

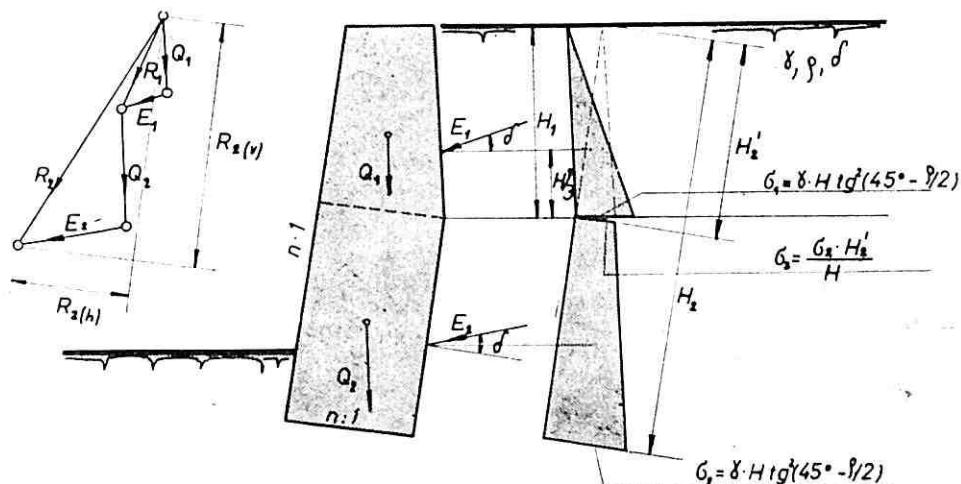
$$\sigma_{1,2} = \frac{R}{F} \pm \frac{M}{W}$$

gde je, za slučaj ispitivanja stabilnosti celog prstena na dužini „l“: R_v = vertikalna komponenta rezultante R, u t iz (sl. 11) i

$$F = b \cdot l, \text{ u m}^2$$

$$M = R_v \cdot a, \text{ u tm i}$$

$$W = \frac{l \cdot b^2}{6}, \text{ u m}^3,$$



Sl. 10 — Određivanje sile E u slučaju složenog preseka zida.

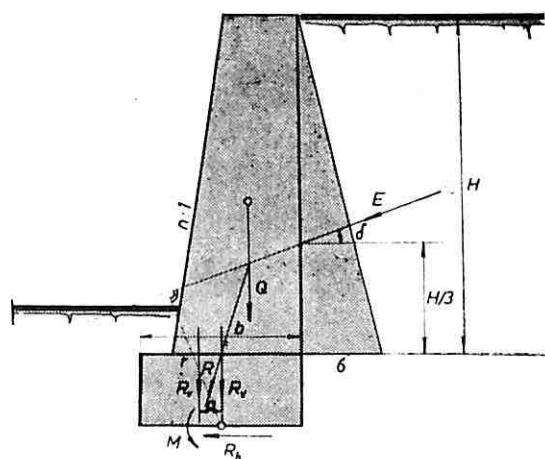
Fig. 10 — Détermination des poussées de terre E dans le cas des coupes transversales composées.

tada se naponi $\sigma_{1,2}$ mogu u znatnoj meri smanjiti, ako se stavi jedan konzolasti nosač (sl. 12), koji daje ne samo znatno manje sile E od zemljinog pritiska, nego i manje momente M. Na taj se način vrši, dakle, ušteda u materijalu za gradenje potpornog zida, a jednovremeno se postiže i bolja raspodela napona kako u samom zidu tako i na tlu. U ovom slučaju je, kao što se vidi iz sl. 12, momenat sile E (M_c^E) znatno umanjen kontramomentom, koji daje konzola sa zemljanim materijalom M_c^G . Reducirani dijagram napona od sile E na potporni zid, prikazan na sl. 12.

Rezultanta sile Q i E. — Rezultanta sile Q i E, za presek u polpotpornom

zidu koji se ispituje, najčešće se nalazi grafičkim putem, pri čemu se određuje njena veličina (t ili kg), pravac i smer (sl. 10). Treba napomenuti, da je od velike važnosti pravilno određivanje vrednosti sile Q i E, pa ako je poprečni presek potpornog zida prostog oblika pri tome obično nema teškoća, ali ako je taj presek složen, tada ga treba razdeliti u pravilne geometrijske figure, pa se potom primenom grafičke ili analitičke metode, nalazi težište celog preseka (sl. 13).

Za određivanje veličine, pravca i smera sile zemljinog pritiska, treba pre svega naći dijagram njenog napona na potporni zid, pa se iz njegovog težišta, uvodeći pri tom ugao trenja δ nalaze traženi podaci (sl. 10).



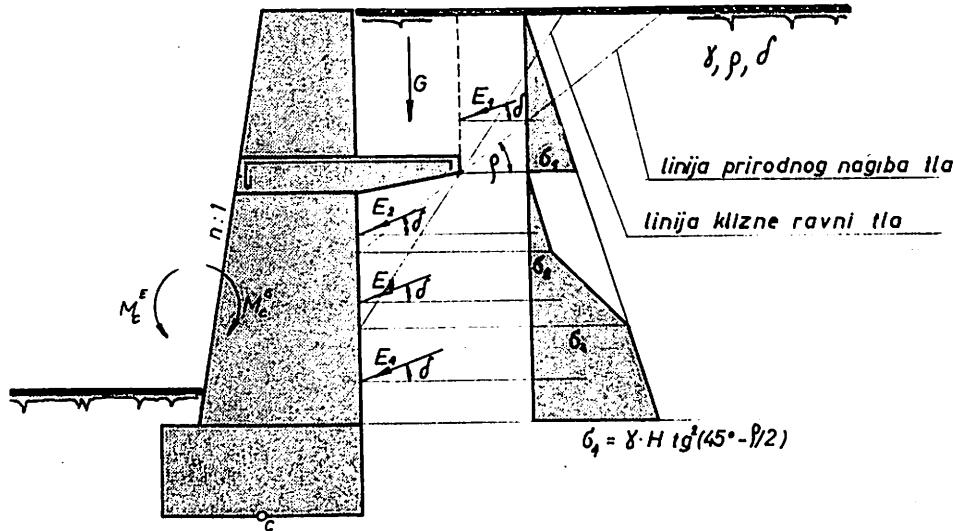
Sl. 11 — Uticaj sile i momenata na donju spojnici.

Fig. 11 — Influence des forces et moments sur le sol.

Spojnice potpornog zida na tlu. — Za stabilnost potpornog zida je od najveće važnosti konstruisanje njegove donje spojnica na tlu. Merodavna rezultanta

razloga ne može izbeći, tada se iz poznatog izraza:

$$\sigma_1 = \sigma_{max} = \frac{2R}{3cb} \leq \sigma_{dozv.}$$



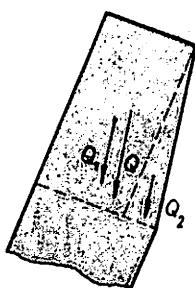
Sl. 12 — Rasterećenje potpornog zida i tla pomoću konzol. nosača.

Fig. 12 — Déchargement du mur de soutènement et du sol par une console.

R (od svih sila Q i E), ima u ovom preseku obično pravac i smer pod nekim uglom prema donjoj spojnici (sl. 14), pa je tada potrebno da se razloži na komponente R_h i R_v . Komponenta R_v je pri tom merodavna za napone pritiska na tlu (σ_1 i σ_2), koji moraju biti u dozvoljenim granicama, tj. $\sigma_1 \leq \sigma_{dozv}$ za tlo na kome je potporni zid. Veličine napona σ_1 i σ_2 mogu se naći na jedan od poznatih načina, grafičkim ili analitičkim putem. Treba voditi računa, da u donjoj spojnici potpornog zida nije dozvoljeno zatezanje, pošto su zid i tlo, u stvari, dva heterogena materijala. Ali, ako se napon na zatezanje u toj spojnici iz konstruktivnih

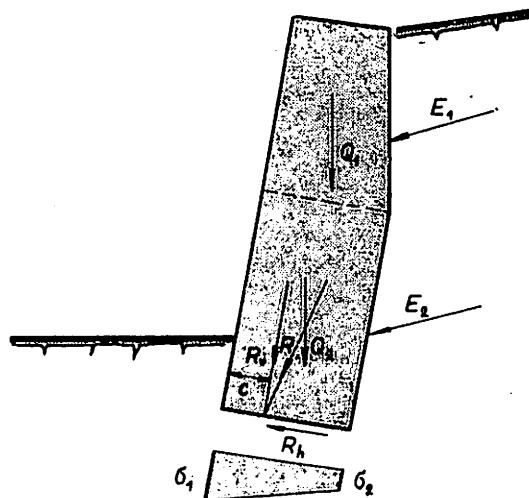
nalazi najveći napon na pritisak na tlu. Pri tome je u ovom izrazu isključena zona zatezanja u dijagramu napona.

Komponenta R_h teži, kao što se iz sl. 14 vidi, da potporni zid pomeri, a ponekad i iz-



Sl. 13 — Proračun sa parcijalnim silama Q_1 , Q_2 ...

Fig. 13 — Calcul avec forces partielles Q_1 , Q_2 ...



Sl. 14 — Određivanje maksimalnih napona na tlu.

Fig. 14 — Détermination des contraintes critiques sur le sol.

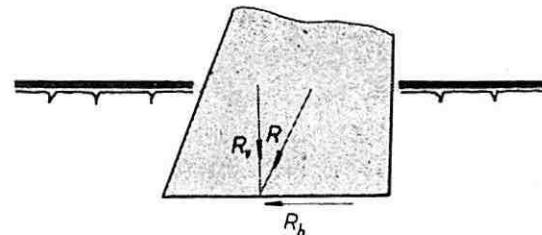
baci iz svog položaja. Pri gradenju puteva i željezničkih pruga na površinskim otkopima u rudarstvu, često se nailazi na glinasti i ilovačasti materijal, koji ima neznatan koeficijent trenja (ili ga uopšte i nema) na donjoj spojnici. Zbog toga se može desiti, da čitav potporni zid bude pokrenut iz svog položaja. Tada i sile E dejstvuju nekontrolisano, pa je posledica toga rušenje potpornog zida uz oburvavanje tla. Ova je pojавa obično sa teškim posledicama, jer se tada, zbog izvršene destrukcije tla pri njegovom zasecanju i nepostojanjem potpornog zida, javljaju vrlo često i veći poremećaji ravnoteže tla uz pojavu klizišta (ručeva) itd. Zato se pri iskopu temeljnih jama za potporne zidove, nikada ne rade jednovremeno dva uzastopna prstena, već se uvek primenjuje naizmeničan način rada, težeći pri tome, da temeljna jama, odmah po svome iskopu, bude ispunjena konstrukcijom potpornog zida (sl. 15).

1	2	4	1	3
---	---	---	---	---

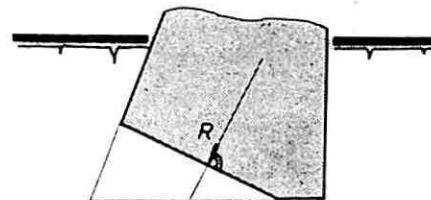
Sl. 15 — Plan rada na gradenju potpornih zidova.
Fig. 15 — Plan des constructions successives des murs de soutènement.

Pri konstruisanju donje spojnica potpornog zida, osobito u glinastom i ilovačastom materijalu, treba se držati sledećeg:

- donja spojica ne bi trebalo da bude horizontalna (sl. 16);
- težiti da spojica bude što više pod pravim uglom prema vertikalnoj komponenti rezultante R_v (sl. 17);
- zasecanja donje spojnica potpornog zida, u vidu stepenica, treba izvoditi prema sl. 18.



Sl. 16 — Obrada donje spojnice.
Fig. 16 — Jonction entre mur de soutènement et sol.



Sl. 17 — Bolja obrada donje spojnica.
Fig. 17 — Meilleure jonction entre mur de soutènement et sol.

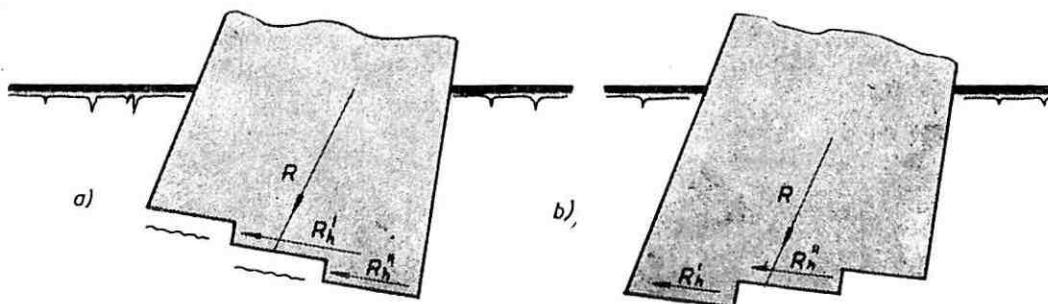
Na planu sila (sl. 10) prikazan je način, kako se prema nagibu donje spojnice potpornog zida, nalaze komponente R_v i R_h , pa ako je temeljna spojica bez stepenica tj. ravna, tada, da bi bilo ravnoteže, treba da bude:

$$R_h \leq \mu \cdot R_v$$

gde je μ = koef. trenja izmedu tla i stope temelja. Ako se pri tome uvede i koeficijent sigurnosti „n”, tada je:

$$n \cdot R_h \leq \mu \cdot R_v$$

U slučaju kad je temeljna stopa zasećena na jednom, dva ili više mesta, treba uzeti da su sile R'_h , R''_h (sl. 18) сразмерne površinama tla izloženim smicanju i dozvoljenom naponu na smicanje tla, pa je, za slučaj rav-



Sl. 18 — Pravilna (a) i nepravilna (b) obrada donje spojnice.
Fig. 18 — Jonction entre mur de soutènement et sol: bonne (a), fausse (b).

noteže i uvođenje koeficijenta sigurnosti „n”, potreban odnos:

$$n \cdot \Sigma R_h \leq \Sigma f : \tau$$

gde je:

n = koeficijent sigurnosti protiv smicanja tla = (1,5–2)

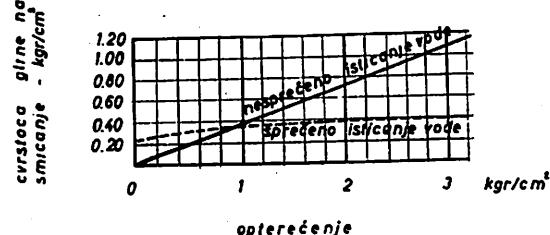
τ = napon na smicanje tla u kg/cm^2

f = površina tla izložena smičućem naponu τ .

Za glinasto tlo, koje je za nas i najinteresantnije, može se vrednost napona na smicanje tla τ uzeti prema dijagramu datom na sl. 19. Pri tom treba voditi računa, da čvrstoća gline raste sa smanjenjem količine vode u njoj. Prema tome, svaki pritisak koji izaziva istiskivanje vode iz nje, povećava i njenu čvrstoću. Svi drugi zemljani materijali (pesak, šljunak, itd.) su, u tom pogledu, povoljniji od gline, pa je i stabilnost potpornih zidova fundiranih na njima veća.

Pri građenju potpornih zidova od najveće je važnosti savesno izvođenje površinskog odvodnjavanja kosine, koja se želi stabilizirati pomoću potpornog zida. Ovo naročito važi za glinasto i ilovačasto područje. Treba, prema tome, biti načisto sa činjenicom da potporni zid, kao konstrukcija, i pored svojih odličnih svojstava, ne može biti univerzalno rešenje. Potporni zid je koristan samo ako su izvršene sve prethodne pripreme:

— isključen uticaj podzemne i atmosferske vode, građenjem površinskih jarkova, potkopa i drenaža, koji odvođenjem vode smanjuju mogućnost „podmazivanja” kosine tla;



Sl. 19 — Dijagram čvrstoće gline na smicanje.
Fig. 19 — Diagramme des contraintes au cisaillement d'un sol argileux.

— izvršeno nabijanje zemlje iznad potpornog zida, koje ponekad može da bude veoma korisno;

— zasadivanje kosine tla, iznad potpornog zida, travom sa dubokim korenom, što može da bude korisno, pošto koren upija vodu, pa se na taj način sprečava njeno prodiranje u tlo.

Problem potpornog zida u rudarstvu je kompleksan po svojoj prirodi, jer uključuje mnoge radove, koji se moraju izvršiti da bi zid, kao konstrukcija, bio od koristi. Iznete mere su neophodne, često traže i zamašne finansijske izdatke, ali bez njih i najrigoroznije sprovedeni proračuni potpornih zidova ostaju često potpuno beskorisni.

RESUMÉ

Constructions massives dans l'exploitation des mines.

I. Murs de soutènement.

Prof. ing. D. Damjanović*

Dans cet article l'auteur a traité les murs de soutènement, comme constructions fréquemment appliquées dans l'exploitation des mines à ciel ouvert. Les influences provenant des poussées de terre, des formes et des poids propres des murs et, par suite, des contraintes obtenues, à la compression et au cisaillement des sols, y sont données pour différents cas.

Les conditions théoriques qui déterminent ces diagrammes y sont présentées aussi, spécialement au point de vue de l'utilisation complète des qualités et des contraintes au cisaillement admises pour un sol argileux.

Literatura

Najdanović, N., 1963: Mehanika tla, Beograd.
Mund, O., Colberg, O., 1936: Stützmauern — Grundbau.

Breth, H., 1949: Stabilitätsberechnungen in Böden.

* Dipl. ing. Dragutin Damjanović, profesor Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

Ležišta i metalogenetske epohe bakra u Jugoslaviji

(sa 2 slike)

Prof. dr ing. Slobodan Janković

U Jugoslaviji nalazi se više ležišta bakra, među kojima se pojedina ubrajaju u vrlo velika ležišta. U toku dosadašnje proizvodnje, iz jugoslovenskih rudišta je izvađeno nešto preko 1,8 miliona tona bakra metala; daleko najveći deo te proizvodnje potiče iz ležišta istočne Srbije.

Tipovi ležišta

Prema uslovima stvaranja, među jugoslovenskim ležištima bakra mogu se izdvojiti sledeći tipovi:

Magmatska ležišta

Magmatska ležišta bakra su u našim terenima veoma retka, genetski nedovoljno proučena.

Toj grupi ležišta se, uslovno, mogu pridružiti pojedine Cu-Ni mineralne parageneze (pirotin, halkopirit, pentlandit), genetski vezane sa ultrabazičnim i bazičnim stenama. Koncentracije rudnih minerala obrazuju obično impregnacije i sočiva veoma malih razmara.

Ležišta toga tipa nisu u našoj zemlji ekonomski značajna.

Tome tipu ležišta pripadaju pojave u ultrabazičnim stenama Lepenca (Jezerina kod Uroševca), kao i pojave u dijabazima na planini Čavki u Bosni, gde pored tipičnih hidrotermalnih halkopiritskih parageneza postoje i tvorevine nastale u okviru procesa

diferencijacije bazične magme, zatim pojave na Zlataru, Štimlju, i kod Orahovca.

Čavka. — Rudonosni tereni Čavke nalaze se na oko 20 km zapadno od Doboja. Osnovu terena čine serpentinisani duniti i amfiboliti; dijabazi imaju veoma ograničeno rasprostranjenje.

Među rudnim pojavama bakra mogu se izdvojiti pirotinsko-halkopiritsko-pentlandijska parageneza i halkopiritska parageneza; prve su produkti magmatskih procesa diferencijacije, druge su nastale u hidrotermalnim uslovima.

Bakronosno-niklonosna mineralizacija. — Manje koncentracije Cu-Ni minerala nalaze se u dijabazu, koji se je u vidu dajka utisnuo duž kontakta serpentinisanih peridotita i amfibolita. Pored kompaktnih sočivstva tela, izduženih paralelno sa pravcем utiskivanja dijabaza, javljaju se i manje šire i impregnacije.

Mineralni sastav: preovlađuje pirotin, u kojem se javljaju i pentlandit, a zatim halkopirit, S. Đurić počinje još i kubanit, pirit i ilmeno-hematit. Pirotin zauzima do 97% svih rudnih minerala.

Sadržaj pojedinih komponenti (S. Đurić): 0,6% Cu, 0,3% Ni, 0,003% Co.

Prema paragenezi i uslovima stvaranja, bakronosniklonosna mineralizacija pripada u osnovi histeromagmatskim tvorevinama, u kojima uzimaju učešće i pneumatomitsko-hidrotermalne komponente.

Zlatar. — Na planini Zlataru postoje mala ležišta bakra, koja najverovatnije pripadaju magmatskem. Rudna tela se nalaze u svežim dijabazima, a imaju oblik kompaktnih sočiva i gnezda ili su u vidu impregnacija nepravilno raznešena u okolnoj steni.

Rudni minerali su pirotin, pentlandit i halkopirit; najšire rasprostranjenje ima pirotin. Sadržaj bakra je obično 2—3%.

Prema mineralnoj paragenezi, načinu pojavljivanja i okolnoj steni, ova ležišta pripadaju diferencijatima izdvajanja u okviru jedne bažine magme.

U blizini pomenutih ležišta javljaju se hidrotermalna ležišta bakra, vezana sa brečastim zonama u dijabazima; sastoje se od halkopirita, sfalerita i pirita, dok je osnovni rudni mineral kvarc.

Metalogenija bakra u oblasti Zlatara se može još uvek smatrati veoma malo izučenom.

Skarnovska ležišta

Skarnovska ležišta bakra u našoj zemlji su prilično retka. Među ležištima toga tipa mogu se izdvojiti ležišta u kojima bakrovi minerali predstavljaju osnovne rudne minerale, i ležišta u kojima se bakrovi minerali javljaju samo kao pratioci drugih (magnetitska, olovo-cinkova, ređe i bizmutska ležišta).

Rudna tela imaju najčešće oblike sočiva i manjih gnezda, nepravilno razmeštena u skarnovima. Osnovni rudni mineral bakra je halkopirit, a prate ga pirotin, manje pirit, katkad arsenopirit, sfalerit; sulfidni prateći minerali obrazovani su pretežno u hidrotermalnom području. Sadržaj bakra u halkopiritskim ležištima je obično 1—2%; u skarnovskim ležištima magnetita i olovocinka, sadržaj bakra je obično ispod 1%.

Ekonomski značaj tih ležišta u našoj zemlji je veoma mali, jer se obično radi o neznačajnim rezervama bakra.

Skarnovskim ležištima pripadaju Lipnik u zapadnoj Srbiji, zatim Reškovica u istočnoj Srbiji, Iberli u Makedoniji. Među skarnovskim ležištima magnetita, u kojima se javljaju i značajnije koncentracije halkopirita, treba pomenuti Suvo Rudište na Kopaoniku. Skarnovska ležišta olova-cinka su prilično brojna, ali su nedovoljno interesantna u pogledu ekonomskih koncentracija bakra.

Lipnik. — U domenu boranskih granodioritskih masiva, u njegovojo kontaktnoj oreoli, postoji više pojave skarnovskih ležišta bakra; među njima je nešto značajnija mineralizacija koja se javlja u rejonu Lipnika, severno od rudnika Veliki Majdan.

Rudonosni teren je izgrađen od peščara, argilošista i filita mladeg paleozoika (permo-karbonска drinska facija), preko kojih leže tvorevine dijabaz-rožne formacije i trijaski krečnjaci. Pored granodiorita, javljaju se brojni proboci dacitsko-andezitskih stena. Na kontaktu grano-

diorita, delom i dacita, i krečnjaka obrazovane su manje mase skarnova; mestimično je krečnjak samo mertnerisan, bez skarnovskih minerala.

Odrudnjenje je vezano sa skarnovima, a delom leži i na kontaktu dacita i škriljaca paleozoika, i može se pratiti na dužini više od 1,5 km.

Rudna tela su predstavljena manjim kompaktnim sočivima, ili se koncentracije bakrovih minerala javljaju u vidu impregnacija. Prelaz u okolne skarne je najčešće postepen.

Među rudnim mineralima šire rasprostranjenje imaju halkopirit i pirotin, dok su pirit i arsenopirit, katkad i sfalerit, svedeni pretežno samo na pojave. Među skarnovskim mineralima daleko prevladuje granat. Sadržaj bakra u mineralizovanim skarnovima do 3%.

Iberli. — Iberli se nalazi u širem rejonu Titovog Velesa u Makedoniji. To je u osnovi jedno polimetalično ležište u kome se javljaju povišene koncentracije bakrovih minerala.

Odrudnjenje se javlja na kontaktu granita i krečnjaka, pretvoreni u mermere, delom skarne. Rudonosna zona je promenljive moćnosti, najčešće 10—15 m, a po pružanju je praćena blizu 2 km.

U okviru kontaktne zone javljaju se, prostorno odvojene, katkad i zajedno, koncentracije bakrovih i olovo-cinkovih minerala, katkad i značajnije magnetitsko-hematitske mase. Osnovni rudni minerali bakra su halkopiriti i bornit, intimno udruženi sa sfaleritom. Sadržaj bakra je relativno nizak — do 1%, dok je udeo cinka znatno viši — do oko 3% Zn.

Obzirom na nizak stepen istraženosti, teško se može pouzdano govoriti o genetskom odnosu pojedinih parageneza u iberlijskom rudonosnom rejonu.

Hidrotermalna ležišta

Hidrotermalna ležišta bakra predstavljaju danas jedina ekonomski značajna ležišta tog meta u Jugoslaviji.

Prema uslovima stvaranja i mineralnim paragenezama, među hidrotermalnim ležištima u našoj zemlji mogu se izdvojiti sledeći tipovi:

- žična ležišta,
- štokverkno-impregnaciona ležišta,
- piritska bakronosna ležišta,
- ležišta bakra u crvenim peščarima.

Žična ležišta. — Žična ležišta bakra su česta u našim terenima. Odlikuju se obično malim razmerama, naročito u pogledu moćnosti (tanke žice, najčešće kratkog pružanja), i ne obrazuju gušće spletove. Katkad su rudne žice praćene i impregnacionim zonama, koje po razmerama znatno premašuju bakronosne žice. Sadržaj bakra može biti i nekoliko procenata, ali s obzirom na male

rezerve, većina ležišta toga tipa nema veći ekonomski značaj.

Mineralni sastav žičnih ležišta je obično jednostavan. Među bakrovim mineralima najčešći je halkopirit, dok se bornit, kovelin, halkozin ili energet ređe javljaju. Od nerudnih minerala najveće rasprostranjenje ima kvarc, tako da su to obično bakronosne kvarcene žice.

Prema mineralnim paragenezama, među žičnim i žično-impregnacionim ležištima mogu se izdvojiti sledeća:

Halkopiritska ležišta. — To su pretežno skoro monomineralna ležišta, u kojima se u kvarcnim žicama od rudnih minerala javlja, uglavnom, samo halkopirit.

Bakronosno-bizmutska ležišta. — U tim ležištima bakar se javlja u vidu halkopirita, zajedno sa bizmutinitom, pirotinom i piritom, a prate ih gersdorfit, lelingit, arsenopirit, mestimično i sfalerit i galenit i Pb-Sb sulfosoli. Tome tipu pripadaju kvarcene žice u rejonu Aldinca u istočnoj Srbiji.

Enargitska ležišta. — Žična ležišta enargita nisu naročito česta u Jugoslaviji. U njima se, pored enargita, javljaju i drugi minerali bakra — kovelin, tetraedrit, a prate ih pirit, retko sfalerit i galenit. Tome tipu ležišta pripadaju Zlatica i Dudica u Makedoniji.

Halkopiritsko-halkozinsko-kovelinska ležišta. — Žična ležišta u kojima su bakrovi minerali, uglavnom, zastupljeni halkopiritom, halkozinom i kovelinom naročito se često javljaju u istočnoj Srbiji, u okviru borskog metalogenskog područja. Tome tipu pripadaju Kraku Bugaresku i Borovo.

Halkopiritsko-molibdenitska ležišta. — Žična ležišta toga tipa su retka. U njima se pored halkopirita i molibdenita mogu javiti i antimonit, ređe šelit. Tome tipu pripada Tanda u istočnoj Srbiji.

Bakronosno-olovo-cinkove rudne žice. — U mnogim žičnim ležištima u Jugoslaviji bakar se javlja intimno udružen sa olovo-cinkom. U tim paragenezama preovlađuje halkopirit, sfalerit i galenit, a javljaju se tetraedrit, pirit, pirotin, ređe magnetit.

Bakronosno-zlatonosne kvarcene žice. — U pojedinim kvarcnim žicama, pored halkopirita, postoje i povisene koncentracije zlata. Tome tipu pripada Zlot u istočnoj Srbiji.

Tetraedritska ležišta. — Ležišta toga tipa odlikuju se obično složenim mineralnim

sastavom u kome učestvuje veliki broj minerala. Pored tetraedrita, javljaju se halkopirit, pirotin, pirit markasit, brojne sulfosoli, katkad i minerali nikla i dr. Ležišta toga tipa su naročito česta u Srednjobosanskim škriljastim planinama, a detaljnije ih je obradio I. Jurković.

Prema temperaturi stvaranja, među žičnim ležištima se mogu razlikovati ležišta stvarana u svim nivoima hidrotermalnog područja — od katatermalnih do epitermalnih, od tipičnih plutonskih do subvulkanskih.

Prikazaćemo nešto detaljnije pojedina ležišta, koja imaju i izvestan ekonomski značaj.

T a n d a. — Rudonosno područje Tanda nalazi se u domenu velikog granitskog masiva, južno od Crnjake u istočnoj Srbiji. Orudnjenje bakrom se nalazi u kvarcnim žicama u granitu; nastale su zapunjavanjem dvaju sistema putotina.

Kvarcene žice su veoma promenljive moćnosti (od 0,1 do 2,0 m) dok su po pružanju praćene do 100 m. Rudni minerali obrazuju obično mlazeve, paralelne zidovima pukotine, ili manja gnezda; retko se javljaju kompaktne rudne žice.

Glavni rudni mineral je halkopirit, a prate ga pirit, ređe molibdenit i antimonit (koncentracije ova dva poslednja minerala su katkad takve da se radi o molibdenskim i antimonitskim žicama sa halkopiritom kao pratećim mineralom ili su i bez njega).

Sadržaj bakra u žicama je obično do 2%; ideo drugih korisnih komponenti je veoma promenljiv (i do 0,4% WO₃ i 0,25% Mo).

Bakronosne kvarcene žice Tanda genetski su vezane sa hercinskim granitskim intruzijama.

K a z a n d o l. — Kazandolsko ležište malazi se nekoliko kilometara južno od Valandova.

Rudonosno područje nalazi se u starim kri stalastim terenima, izgrađenim od gnajseva preko kojih leži serija mikašista i hloritošista, kroz koje su se utisnuli graniti. Sa graniticima je genetski vezano i stvaranje ležišta.

Bakronosne kvarcene žice Tande genetski su pukotinama u škriljcima. Okolne stene, neposredno kraj rudnih žica, pokazuju i tvorevine hidrotermalne alteracije, predstavljene uglavnom hloritisanjem. Moćnost pojedinih žica je veoma promenljiva — od 0,1 do preko 2,5 m, dok su po pružanju praćene rudarskim radovima i do 100 m. U okviru rudne žice koncentracije bakra su neravnomerno razmeštene, obrazujući često gnezda malih razmera. Postrudnim pokretima rudne žice su delom i znatno razlomljene.

Mineralni sastav je jednostavan: pored halkopirita, koji je osnovni rudni mineral, javlja se pirit, a mestimično i sfalerit. U oksidacionoj zoni šire rasprostranjenje ima malahit.

T i o v a c. — Zapadno od Kuršumlije nedavno su otkrivene značajne pojave bakronosnih kvarcnih žica i impregnacija.

Orudnjenje se nalazi u dijabazima koji su duž rudnih žica hidroermalno promenjeni. Orud-

njenje je vezano najčešće sa sistemom međusobno paralelnih kvarcnih žica. To su tipične pukotinske žice, sa opštim pravcem pružanja SZ-JI. Moćnost žica je obično 1—3,5 m, dok su po pružanju praćene i do 200 m. Koncentracije rudnih minerala su neravnomerno razmestene u pukotini; otuda i sadržaj bakra varira u širokim granicama — od 1 do 9% Cu.

Rudni minerali su halkopirit, rede kovelin; kvarc je osnovni mineral jalovine.

Pored rudnih žica u rejonu Tiovca postoje i impregnacione zone bakrovin minerala, lokalizovane u hidrotermalno promenjenim dijabazima. Sadržaj bakra je obično oko 1%.

Orudnjenje Tiovca genetski je vezano sa tercijarnim magmatiskim ciklusom.

D u d i c a. — Na jugoslovensko-grčkoj granici, zapadno od Đevđelije nalazi se Dudica, rejon u kome su poznate interesantne pojave enargitske mineralizacije.

Rudnosni rejon izgrađen je od paleozojskih filitskih škriljaca i, verovatno, paleozojskih krečnjaka, kroz koje su se u tercijaru utisnule značajne mase hornblenda i biotitandenzita, praćeni velikim masama tufova. Andeziti su intenzivno propilitisani, a mestimčno i hidrotermalno izmenjeni, pri čemu su tvorevine hidrotermalne alteracije pretežno obrazovane duž zona razlamanja (silifikovanje, kaolinisanje). Proizvodi hidrotermalne alteracije su prostorno vezani sa delom terena u kome se javlja i mineralizacija bakra.

Koncentracije bakra javljaju se pretežno u tankim žicama, čija je moćnost obično 15—30 cm retko i do 0,6 m. Minerali bakra obrazuju obično gušće impregnacije u tim žicama, u kojima je kvarc osnovni mineral jalovine, a rede i manja gnezda i sočiva. Sadržaj bakra u žicama je obično 3—5%, dok u pojedinim muglarna i do 20%.

Mineralni sastav bakronosne mineralizacije je jednostavan: osnovni rudni mineral je energet, a prate ga pirit, kovelin; mestimčno se u propilitisanim andezitima nalaze i pirotska gnezda sa veoma niskim delom enargita. Sadržaj zlata je veoma nizak (uglavnom ispod 1 g Au/t; udeo srebra je obično 10—20 g Ag/t).

Pored bakrove mineralizacije u blizini Dudice se nalaze i pojave galenitske mineralizacije i samorodnog sumpora.

B o r o v o. — U blizini jugoslovensko-bgarske granice oko 10 km jugoistočno od Dimitrovgrada, u zoni koja predstavlja jugoistočni nastavak borskog eruptivnog kompleksa, nalaze se značajnije pojave žičnog i žično-impregnacionog orudnjenja bakra.

Orudnjenje je u propilitisanim andezitima u vidu žica, delom i u obliku impregnacija koje prate žice ili se javljaju samostalno. Rudne žice su moćne obično oko 1 m i sadrže visoke koncentracije bakra (7—20%).

Metalogenetski, ležišta bakra u rejonu Borovo pripadaju istim magmato-tektonskim procesima koji su doveli do stvaranja borskog rudišta.

S k o p s k a C r n a G o r a. — Na terenu Skopske Crne Gore, a u rejonu izvorisnog dela

Biničke Morave, poznato je više ležišta bakra. Za ova ležišta su karakteristične asocijacije bakra sa olovo-cinkovim mineralima. Među nešto značajnije pojave u ovome rejonu, koji je još uvek nedovoljno metalogenetski izučen, ubrajaju se ležišta u Vitinama i Šurlane.

Na desnoj obali Morave, u širem domenu Vitine, nalazi se ležište koje je u više mahova istraživano. Orudnjenje se javlja u paleozajskim škriljcima, pretežno u folijaciji filitičnih škriljaca.

Rudna tela se sastoje od bakronosnih kvarcnih žica oko kojih su razvijene impregnacione zone čija moćnost obično ne prelazi 2—3 cm.

Mineralna parageneza obuhvata niz minerala: halkopirit je osnovni mineral bakra; pored njega se javljaju pirit, sfalerit, rede magnetit, pirotin, siderit, markasit, tetraedrit, haldozin (neodogenit i lamenarni haldozin); od nerudnih minerala najzastupljeniji je kvarc. Od sekundarnih minerala poznati su limenit, bernit, kovelin i, rede, samorodni bakar.

Sadržaj bakra je u rudi 1,7%, oko 0,5% Zn i do nekoliko grama Ag/t.

Rudna tela obrazovana su, verovatno, u vezi sa tercijarnim dacitsko-andezitskim magmatizmom. Kod kalizacije rudnih tela jasno se ističe strukturalna kontrola.

Z l a t i c a. — Nedaleko od Zletova, u severoistočnom produženju dobrevskog olovo-cinkovog rudnog polja, nalazi se ležište bakra Zlatica. Rudnosni rejon izgrađen je od hidrotermalno izmenjenih dacita (silifikovanih, pirotskih, u manjem obimu sericitisanih i kaolinisanih); širina zone je oko 150—200 m a po pružanju se može pratiti i više od 1 km.

U hidrotermalnim promenjenim dacitima postoji više manjih rudnih žica, moćnih obično od 0,1 do 1,0 m.

Mineralna parageneza se sastoje od sledećih minerala: enargit, tetraedrit, pirit, sfalerit i galenit. Od nerudnih minerala se javljaju siderit i barit.

Sadržaj bakra je obično 1—2%, mestimčno i do 10%, dok je sadržaj olova promenljiv, katkad i do 10%.

Ležište Zlatice pripada istom metalogenetskom ciklusu kao i Zletovo — tercijarnom dacitsko-andezitskom magmatizmu.

Š t o k v e r k n o - i m p r e g n a c i o n a l ežišta. — Štokverkno-impregnaciona ležišta bakra nisu u našoj zemlji tako česta, ali ona sadrže skoro najveći deo rezervi bakra. To su obično ležišta velikih razmera, sa niskim koncentracijama bakra, a obrazovana su pretežno u hidrotermalno proumenjenim okolnim stenama.

Mineralni sastav tih ležišta obično je jednostavan: halkopirit je osnovni rudni mineral; udeo pirita najčešće je neznatan, dok molibdenit ne prelazi 0,05%, najčešće u stotim delovima procenta. Oksidacija primarnih minerala je retko gde intenzivnije razvijena.

Zone sekundarnog sulfidnog obogaćivanja bakrom, prema današnjem stepenu poznавања naših rudišta, su slabo, izražene.

Među posebno značajna ležišta ovoga tipa ubrajaju se Majdanpek u istočnoj Srbiji, Dumitri Potok u istočnoj Srbiji i Bućim u Makedoniji.

Majdanpek. — Majdanpečko ležište bakra poznato je već više vekova. U njemu se je radilo još u vremenu Rimljana. U srednjem veku Majdanpek su eksploatisali, od 1250. do 1450. godine, dubrovački i venecijanski rudari. Kasnije je, u više navrata, majdanpečko rudište eksploatisano, ali je obim radova bio skroman. Tek od 1950. godine majdanpečko ležište biva detaljnije istraživano, i u njemu su otkrivene veoma značajne rezerve bakrove rude.

Majdanpečko rudište nalazi se na severnom kraju borskog eruptivnog kompleksa, u terenu koji se odlikuje slozenom geološkom građom i komplikovanim tektonskim odnosima.

Rudonosni teren Majdanpeka izgrađen je od raznovrsnih litoloških članova. Osnovu ovoga rejonu čine kristalasti škriljci i škriljci druge grupe (gnajsevi, amfiboliti, filiti, hloritski škriljci, liskunski škriljci i dr.), zatim titanvalendinski krečnjaci, senonski laporci i peščari; od magmatskih stena javljaju se stariji, najverovatnije, hercinski graniti i mladi andeziti. Posebno, značajno mesto u pogledu metalogenije zauzimaju andeziti odnosno produkti kredno-tercijarnog magmatizma.

Bakrove parageneze pripadaju najmladim produktima rudonosnog majdanpečkog ciklusa. Posle stvaranja visokotemperaturnih, delom skarnovskih minerala asociacija, dolazi u rudištu do veoma značajnih tektonskih poremećaja, predstavljenih u osnovi razlamanjima. Duž tako poremećenih zona nastaje utiskivanje rudonosnih rastvora, iz kojih je u središnjim delovima andezitskog masiva, delom i u okviru hercinskih granita, deponovan bakar. Bakronosni rastvori koristili su u svome kretanju i brojne sisteme prslina koje prate glavnu zonu razlamanja. Na taj način dolazi do skoro potpunog prožimanja tako zdruzgane mase rudonosnim rastvorima, do ispunjavanja rudnim mineralima i veoma sitnih milimetarskih moćnih prslina, praćenih impregnacijama. Tako obrazovana rudnosa zona duga je više kilometara, a moćna više stotina metara, dok je po dubini praćena nekoliko stotina metara.

Proces stvaranja ležišta praćen je i hidrotermalnom alteracijom okolnih andezita, pri čemu je posebno jasno istaknuta genetska i prostorna povezanost orudnjenja i silifikovanja; u celom rudištu javljaju se i kvarcne žice, promenljive moćnosti, najčešće do nekoliko santi-metara moćne.

Osnovni rudni mineral je halkopirit, praćen u pojedinim delovima rudišta i bornitom. Udeo ostalih rudnih minerala je uglavnom neznatan. Pirit ne zauzima više od nekoliko procenata među rudnim mineralima. Molibdenit je stalni pratilac halkopirita, ali su njegove koncentracije niske. Sfalerit se zapaža samo mestimično, dok

je galenit sasvim podređen. Kvarc je osnovni mineral jalovine; pored njega se retko javlja biotit, zatim kalcit i barit.

Za razliku od mnogih ležišta toga tipa, u prvom redu u SAD, u Majdanpeku nije značajnije razvijena zona sekundarnih sulfida. Mestimično se na dubini od oko 20 m ispod površine javljaju tvorevine cementacione zone (halkozin, kovelin), ali ne obrazuju veće mase. Oksidni minerali su rasprostranjeni (enahalit, kuprit, halkantit, brošantit, hrizokola). Izvesno obogaćivanje bakrom zapaženo je u zoni oksidnog izluženja, iznad nivoa podzemne vode, kada sadržaj bakra premaša nekoliko procenata.

Sadržaj bakra u primarnoj mineralizaciji je prosečno oko 0,9%, dok se sadržaj zlata kreće do 2 g Au/t.

Dumitri potok — Valja Strž. — U okviru timočkog eruptivnog kompleksa, južno od Majdanpeka, nalazi se jedna veoma značajna mineralizovana zona koja sadrži ogromne bakrom siromašne mase. Iako u pogledu iskorijenja te mineralizovane mase pripadaju vanbilansnim, delom uslovno — bilansnim, ipak je ovaj rejon interesantan u pogledu tipa ležišta.

Rudonosni rejon izgrađen je od hornblendita, koji je kasnije probijen kvarcdioritom i kvarcdioritpfiritem. U okolnim stenama ističe se intenzivna hidrotermalna promjenjenost (biotitisanje, sericitisanje i silifikovanje).

Mineralizacija je vezana kako sa andezitima, tako i sa kvarcdioritom, na njegovom kontaktu sa andezitom. Rudni minerali su deponovani delom po sitniku kvarcnim žičicama, delom su raspšreni po osnovi hidroermalno izmenjenih stena.

Najrasprostranjeniji rudni mineral je pirit, zatim halkopirit, molibdenit, retko i magnetit. Minerali oksidne zone su oskudno razvijeni, dok zona sekundarnih sulfida nije poznata. Otuda primarna mineralizacija i nema, zasad, neki veći ekonomski značaj, jer su koncentracije primarnih rudnih minerala niske.

Piritska ležišta. — Piritska ležišta pokazuju veliku raznovrsnost u pogledu morfoloških karakteristika: katkad su to skladiovi velikih razmera, katkad samo sočiva i gnezda, u kojima je pirit osnovni mineral.

Prema vremenu stvaranja i metalogenetskoj pripadnosti, piritska bakronosna ležišta stvarana su u tercijaru, vezana sa laramijskim i mlađim magnato-tektonskim pokretima, i u ranom mezozoiku pretežno sa sedimentno-eshalativnim procesima; paleozojska ležišta toga tipa su bez većeg ekonomskog značaja. Među svim tim rudnim ležištima daleko najznačajnija su tercijarna ležišta, od kojih se posebno ističe Bor, zatim Lipa i druga manja ležišta u domenu istočno-srpskog timočkog eruptivnog kompleksa.

Bor. — Borsko ležište, jedno od najvećih jugoslovenskih ležišta, može se po svojim razmerama uvrstiti u grupu svetskih značajnih ležišta toga metala.

Borsko rudno polje nalazi se u terenu koji je izgrađen u osnovi od hornlenda andezita, poznatog kao timocit. Rudonosni rejon obrazovan je u zoni propilitisanih andezita, koji su kasnije bili zahvaćeni intenzivnim procesima hidrotermalne alteracije: kaolinizacijom, zeolitisanjem, silifikovanjem i piritisanjem. Orudnjenu pretodi hidrotermalna alteracija andezita, pri čemu je posebno istaknuta tesna povezanost između orudnjena bakrovim mineralima i piritisanja. U sukcesiji pojedinih faza može se izdvojiti sledeći niz: kaolinisanje, silifikovanje, piritisanje, bakronosna mineralizacija.

U borskem rudnom polju postoji nekoliko ležišta, lokalizovanih na relativno kratkim rastojanjima. Najznačajnija ležišta su Čoka Dulkan, Tilva Roš i Tilva Miša; severno od njih, na rastojanju od nekoliko stotina metara, su manja rudna tela — Tilva Ronton i Kamenjar.

Čoka Dulkan je jedno od najvećih ležišta, dugo je preko 300 m, a široko oko 150 m i izgrađeno je od pirita u kome su razmešteni bakrovi minerali. Izdanak rudnog tela predstavljen je gvozdenim šeširočom moćnim 35—50 m, u kome su zajedno sa kvarcom, bile i značajne koncentracije zlata. Postrudnim pokretima došlo je do značajnih razlamanja u ležištu, delom su i granice ležišta tektonske.

Ležište Tilva Miša sastoji se od više rudnih tela (A, B, C, D) međusobno razdvojenih tektonskim granicama. Po opštим osobinama, Tilva Miša je slično Čoka Dulkanu. Najveći deo današnje borske proizvodnje potiče iz Tilva Miše.

Tilva Roš se nalazi između Čoke Dulkan i Tilva Miša od kojih je odvojena razložnim zonomama. Osnovne komponente rudnog tela su kvarc i pirit; sadržaj bakra u Tilva Rošu je niži nego u ostalim rudnim telima. U Tilva Rošu se posobno ističe svojim razmerama veliki gvozdeni šešir, koji po dubini premaša 150 m.

Mineralni sastav rude je veoma raznovrstan; M. Drovenik je detaljnije proučio i razjasnio sukcesivnost pojedinih generacija rudnih minerala u procesu obrazovanja rudišta. Među rudnim mineralima najzastupljeniji je pirit, koji zajedno sa kvarcom predstavlja istovremeno i najstariji rudni mineral. Od bakrovin minerala šire rasprostranjenje ima enargit, luzonit, bornit, kovelin, halkozin i halkopirit. Šem pomenutih, u borskem rudištu se zapažaju u neznatnim koncentracijama i sfalerit, tetraedrit i galenit.

Sadržaj bakra u borskem rudištu je obično 1—2%, a postoje i znatno bogatija rudna tela. Prelaz u okolne, najčešće intenzivno piritisane stene, je postepen, tako da se povlačenje konturna rudnih tela vrši prema podacima sistematskog oprobavanja. Koncentracije pirita su takođe promenljive — od desetak do 50% Fe, tako da u borskem rudištu postoje prelazi od piritih impregnacija do kompaktnih, piritom veoma bogatih tela; količine pirita u ovome rudnom polju čine da je Bor i najveće jugoslovensko ležište pirita.

Pored bakra i pirita, borsko rudište sadrži i druge korisne komponente — zlato (do 4 g/t), srebro (do 10 g/t), germanijum i selen.

Borsko rudište pripada tipičnim hidrotermalnim ležištima, genetski vezanim sa falamijskim srednjekiselim plutonizmom. Duž zona razlama-

nja u senonskim andezitima i njihovim piroklasitima došlo je do utiskivanja plutonita (pretežno granodioriti, monconiti i kvarcdioriti). Rudonosni rastvori su vezani sa istim dislokacijama; faza, koja prethodi mineralizacionom ciklusu, dovele je do veoma široko rasprostranjenih pojava hidrotermalne alteracije propilitisanih andezita. Koncentraciji bakrovin minerala pretodi otvaranje piritih impregnacionih i kompaktnih rudnih tela, pri čemu postoji jasno istaknuto potiskivanje petrogenih minerala piritom. Pirtska faza i faza bakrovog orudnjavanja razdvojene su intermineralizacionim kretanjima, koja su dovele do stvaranja prsline u piritu; bakrovi minerali pokazuju jasno istaknute strukture potiskivanja pirita. Postrudnim pokretima došlo je do mehaničkih deformacija u rudnim telima.

Pojave oksidacije su veoma rasprostranjene u borskem rudištu naročito u domenu Čoka Dulkan i Tilva Roša. Udeo sekundarnih sulfida, međutim, nije naročito značajan. U pojedinim delovima oksidacione zone hrizokola i brošantit obrazuju povećanje koncentracije.

Lipa. — Ležište Lipa nalazi se na 16. km severozapadno od Bora. Istraživanjima sprovedenim u periodu 1950—1955. godine utvrđene su značajnije mineralizovane mase sa oko 1% Cu. Ležište Lipe detaljnije je geološki obradio M. Drovenik.

Rudište se nalazi u hidrotermalno promenjenim hornblenda-augitskim i augitskim andezitima. Hidrotermalna alteracija se sastoji u karbonatisanju i kaolinisanju, delom i silifikovanju andezita, pri čemu se ističe izvesna zonalnost razmeštaja pojedinih promenjenih zona u odnosu na rudno ležište: neposredno kraj rudnog tela razvijeni su proizvodi kaolinisanja, a dalje karbonatisanja i hloritisanja. U produktima alteracije zapaža se i široko razvijena piritizacija.

Rudno telo ima oblik izduženog sočivastog sklađa koji blago pada sa daleko izraženijim dimenzijama u horizontali nego u vertikali: dok u horizontalnoj ravni telo zahvata oko 8.000 m², po dubini obično ne prelazi 50—60 m.

Rudno telo je u osnovi piritsko; sadržaj pirita se kreće od 20 do 45%, pri čemu sadržaj pirita opada postepeno prema obodu rudnog tela. Među najznačajnijim bakrovin mineralima je enargit, a zatim se javljaju i luzonit, stibioluzonit, redi halkopirit i supergeni halkozin; od nerudnih minerala javljaju se kvarc i barit.

Izvan rudnog tela u ležištu, prema M. Droveniku, zapažene su i tanke kvarcene žice sa galenitom, sfaleritom, piritom i mestimično halkopiritom, retko i hematitom. Te rudne žice imaju opšti pravac pružanja sever-jug, što se poklapa sa orientacijom hidrotermalno promenjenih zona u andezitu.

Ležišta u crvenim peščarima istočne Srbije. — Pojave bakrovin minerala u permskim crvenim peščarima istočne Srbije izdvojili smo u posebnu grupu hidrotermalnih ležišta; iako su prema mineralnoj paragenezi ova ležišta slična drugim, već pomenutim ležištima bakra, ona ipak poka-

zuju prema uslovima stvaranja, izvesne specifičnosti, koje opravdavaju izdvajanje ovih ležišta kao poseban tip.

Ležišta bakra nalaze se u zoni permских crvenih peščara koja se pruža, sa prekidima od rejona Kučeva preko Senjskog rudnika, do područja Suve Planine. Značajnije pojave bakrovog orudnjenja nalaze se u rejonu Ban-careva i Studene (istočno od Niša), zatim kod Siga, južno od Krepoljina, u zoni Javorac — Klačevica. U bakronosne pojave u crvenim peščarima ubrajaju se koncentracije bakra na Staroj Planini.

Bakrovi minerali grade kompaktna manja gnezda, sočiva i sočivaste žice, ili se javljaju u vidu impregnacija u cementnoj masi peščara. Sva danas poznata ležišta toga tipa su malih razmara. U većini ležišta, bilo čičnog ili impregnacionog tipa jasno se ističe strukturna kontrola u lokalizaciji mineralizovanih tela. U ležištima u rejonu Siga i Senjske Reke zapaža se prostorna bliskost tih ležišta u dacitsko-andezitskim stenama Ridanjsko-Krepoljinske zone.

Ležišta bakra u permским crvenim peščarima izgrađena su od relativno malog broja bakrovinih minerala, među kojima, količinski, preovlađuju, u većini ležišta, minerali descedentnog porekla. Prema primarnim paragenezama, bakrove pojave su veoma slične borskim: halkozin, enargit, luzonit, tetraedrit, halkopirit, bornit, pirit, retko kovelin (pretežno je descedentnog porekla); lamelarni halkozin, koji je u ovim ležištima najčešće dominantan rudni mineral, ukazuje na hidrotermalni postanak. Pirit je u ovim ležištima obično najstariji rudni mineral i veoma je malo zastupljen. Široko rasprostranjenje u tim ležištima imaju malahit i azurit.

Hidrotermalna ležišta u permским crvenim peščarima su mezothermalna ležišta, genetski vezana tercijarnim srednje kiselim magmatizmom, najverovatnije sa plutonskim ekvivalentima dacitsko-andezitskih stena iz Ridanjsko-Krepoljinske zone. Rudonosni rastvori prodirali su pretežno duž dislokacija sever-jug, pri čemu je dolazilo delom i do hidrotermalne alteracije okolnih crvenih peščara.

Ležišta bakra u dijabaz-rožnoj formaciji. — Ležišta bakra su poznata na više mesta u dijabaz-rožnoj formaciji, a naročito u zapadnoj Srbiji, i u oblasti planine Zlatara. Metalogenija tih rudonosnih

oblasti je veoma malo izučavana. Otuda se pojedina ležišta sa značajnom rezervom pridružuju grupi hidroermalnih.

Rudna tela su vezana serpentinima, dijabazima ili mezozojskim krečnjacima. Po obliku, to su obično sočiva i gnezda malih razmara, ređe žice ili impregnacije. Mineralni sastav tih ruda još uvek se ne poznae dovoljno, jer su minerali određivani često samo makroskopski. Prema današnjem poznavanju, to su, uglavnom, halkopiritske rude; sekundarni minerali su obilno razvijeni i u njima preovlađuju malahit, retko kuprit i samorodni bakar.

Prema sadašnjem stepenu istraženosti ležišta toga tipa nemaju neki veći ekonomski značaj. Nešto značajnije pojave nalaze se u Rebelju, Visu i Planinici u zapadnoj Srbiji i Varine.

Rebelj. — Rebelj se nalazi na oko 18 km jugozapadno od Valjeva. Rudna tela imaju oblik nepravilnih sočiva, od kojih je najveće bilo dugo oko 30 m a močno 10 m. Prostorno je ruđiste vezano sa serpentinima, pri čemu su delom rudna tela vezana sa zonama razlamanja (brečaste rude).

Mineralni sastav rude je u osnovi predstavljen halkopiritom i piritem; od nerudnih minerala najviše je razvijen kvarc. Pored primarnih, obično su zastupljeni i sekundarni minerali bakra, među kojima dominantno mesto zauzimaju kuprit i malahit, dok se samorodni bakar javlja sporodiočno.

Sadržaj bakra u rudnim telima je najčešće 2—5,5%.

Ekonomski značaj ovoga ležišta je neznatan; za vreme eksploracije ležišta, u periodu 1902—1903. godine, otkopano je 12.000 tona rude sa 4% Cu.

Sličnog tipa je i ležište Vis, koji se nalazi u blizini Rebelja. Orudnjenje se javlja u brečastoj zoni, na kontaktu serpentina i trijaskih krečnjaka.

Metalogenetske epohe i područja

Stvaranje ležišta bakra u jugoslovenskim terenima vršeno je u nekoliko metalogenetskih epoha, pri čemu su i mineralne tvorevine u određenim geološkim uslovima imale i određene specifičnosti u pogledu mineralnih parageneza, magmatogenih i strukturno-litoloških kriterija.

Metalogenetske epohe

Bakrova ležišta obrazovana su uglavnom u hercinskoj, staroalpskoj i alpskoj metalogenetskoj epohi; prema današnjem stepenu poznavanja jugoslovenskih ležišta bakra, ne

može se pouzdano govoriti o kaledonskim ležištima, a još manje o eventualnim uslovima njihovog obrazovanja. U ekonomskom pogledu daleko najveći značaj imaju ležišta stvorena u alpskoj metalogenetskoj epohi; većina ostalih ležišta ima veoma ograničeni privredni značaj.

Hercinska epoha sadrži paragenetski veoma raznovrsna ležišta bakra. Prema genetskoj povezanosti određenim magmatiskim ciklusima, među hercinskim ležištima mogu se izdvojiti:

— Ležišta genetski vezana sa bazičnim, ređe ultrabazičnim stenama nisu naročito česta; najčešće se nalaze u dijabazima i pripadaju magmatskim i hidrotermalnim tipovima ležišta. Prostorno, ta ležišta se nalaze u okviru masiva ofiolitskih stena. Pored halkopirita, koji je obično osnovni, katkad i jedini mineral bakra, javljaju se i minerali nikla (niklonosni pirotin, pentlandit); u hidrotermalnim paragenezama minerali nikla se povlače.

Ležišta toga tipa su obično malih razmera. Njima pripadaju pojave u Štimlju i Jezerini kod Uroševca, zatim pojedina ležišta u rejonu Čavke, kao i pojedina ležišta u gabrovskom masivu Tande.

— U vezi sa hercinskim granitskim magmatizmom stvoren je nekoliko manjih ležišta bakra, pretežno žičnog tipa. Prema mineralnim paragenezama, to su pretežno halkopiritska ležišta, u kojima se javljaju i pirit, mestimično i molibdenit, selit, izuzetno i antimonit.

Ležišta genetski vezana hercinskim granitima su uglavnom hidroermalnog porekla. Njima pripadaju pojave kod Tande i, možda, Kazandola.

— Mineralnim paragenezama bakra, koje genetski stoe u vezi sa kvarcporfirima ili odgovarajućim plutonom, pripadaju u osnovi tetraedritske asocijacije u ležištima Bosanskih škriljastih planina. To su najčešće žična ležišta, pri čemu u toj oblasti postoji izvesna istaknuta zonalnost prostornog razmeštaja rudnih ležišta.

Staroalpska metalogenetska epoha, koja počinje krajem perma, obuhvata niz ležišta bakra stvorenih u osnovi u vezi sa porfiritiskim magmatizmom, delom i sa spilito-keratofirskom asocijacijom u trijasu, i dijabazima u juri. Prema današnjem stepenu poznavanja, metalogenija bakra u staroalpskoj epohi nosi u sebi mnoge neraz-

jašnjene probleme. Prostorno, ta ležišta su vezana sa dinarskom metalogenetskom provincijom, manjim delom i sa srpsko-makedonskom metalogenetskom provincijom.

U vezi sa porfiritiskim vulkanizmom ili sa odgovarajućim plutonom obrazovan je veći broj ležišta, pretežno u severnoj Crnoj Gori. Prema mineralnim paragenezama, obliku i načinu pojavljivanja, među tim ležištima se izdvajaju:

— Piritska sočiva u paleozojskim škriljcima u kojima se javljaju i promenljive koncentracije halkopirita. Pored halkopirita, ta ležišta sadrže mestimično i sfalerit, retko galenit i arsenopirit. Tome tipu pripadaju ležišta u rejonu Andrijevice.

— Halkopiritske žice u porfiritu su poznate samo mestimično. Pored halkopirita javlja se obično pirit; ideo drugih minerala (sfalerit, tetraedrit, retko galenit) sveden je obično na pojave. Predstavnik tih ležišta je Boan u Crnoj Gori.

— Halkozinsko-kovelinske žice su veoma retke. Tom tipu pripada pojava južno od Plava, na jugoslovensko-albanskoj granici.

— Bakronosne olovo-cinkove pojave su česte. Bakar je zastupljen uglavnom halkopiritom; tetraedrit se samo mestimično javlja. Tome tipu pripadaju pojedina ležišta severne Crne Gore i zapadne Srbije.

Metalogenija bakra vezana sa dijabazima i dijabaz-rožnom formacijom je još uvek nedovoljno poznata. Naročito su suviše malo proučavani odnosi između dijabaza i bakro-vog orudnjenja. Jer koncentracije bakra poznate su i u dijabazima i oko njih. Jasno istaknuta strukturalna kontrola lokalizacije rudnih tela (brečaste zone) i mineralni sastav ukazuju na hidroermalno poreklò većine ležišta. Među rudnim mineralima preovlađuju obično halkopirit i pirit; katkad se halkopirit javlja zajedno sa magnetitom odnosno hematitom, mada je od njih mlađi. Kao nerudni mineral se obično zapaža kvarc.

Ležištima koja se nalaze u vezi sa jurskim dijabazima i dijabaz-rožnom formacijom pripadaju Rebelj, Vis i pojave na Povlenu u zapadnoj Srbiji, kao i Varine kod Pljevalja.

Alpska metalogenetska epoha dala je jugoslovenska najvažnija ležišta bakra. Većina tih ležišta vezana je sa laramijskim monconitsko-granodioritskim plutonizmom u istočnoj Srbiji.

Među rudnim paragenezama i tipovima ležišta izdvajaju se sledeća:

— Skarnovska ležišta bakra sadrže bakar pretežno u vidu halkopirita. Pored halkopiritskih ležišta, u skarnovima su poznate i asocijacije halkopirita i magnetita (rejon Kopaonika, Boranje i dr.), ređe halkopirita sa molibdenitom, bizmutovim mineralima, katkad i sa sfaleritom, šelitom.

— U hidrotermalnim paragenezama dominantno mesto zauzima često enargit; široko rasprostranjenje ima i halkopirit, nešto manje kovelin, halkozin i barnit.

Prema asocijacijama minerala koje se javljaju u hidrotermalnim bakrovim ležištima u alpskoj metalogenetskoj epohi, mogu se izdvojiti sledeće osnovne parageneze:

— halkopiritsko-piritske asocijacije u kojima pirit nema šire rasprostranjenje; javljaju se najčešće u kvarcним žicama ili obrazuju ogromne štokverkno — impregnacione mineralizovane mase tipa Majdanpek; u poslednjem tipu ležišta, rudnim paragenezama pridružuje se i molibdenit;

— enargitsko-bornitsko-kovelinsko-halkozinska parageneza je karakteristična asocijacija bakrovih minerala u alpskoj metalogenetskoj epohi. Od ostalih minerala pirit ima veoma široku zastupljenost, tako da se obrazuju piritska bakronosna ležišta (tip Bor). Stalan pratilac tih ležišta je zlato;

— u paragenezi bakrovo-olovo-cinkovih minerala bakar je najčešće zastupljen halkopiritom; udeo=ostalih minerala bakra je uglavnom sveden samo na mineralne pojave.

Metalogenetska područja

Ležišta bakra grupisana su u nekoliko metalogenetskih područja. Na sl. 1. prikazan je položaj pojedinih ležišta i bakronosnih područja u našoj zemlji.

Među jugoslovenskim bakronosnim metalogenetskim područjima ističu se sledeća:

Područje Timočkog eruptivnog kompleksa. — U okviru istočno-srpske metalogenetske provincije, koja se prema severu nastavlja u terene Rumunije, i prema jugoistoku u Bugarsku, nalaze se veoma značajna ležišta bakra. Prema veličini danas poznatih ležišta i perspektivnosti u pogledu otkrivanja novih ležišta, ovo područje ubraja se među najznačajnije bakronosne oblasti u Evropi. Prostorno, bakrova ležišta grupisana su u okviru eruptivnog kompleksa, koji se sa prekidima pruža skoro

od Dunava na severu do rejona Dimitrovgrada na jugoslovensko-bugarskoj granici na jugu.

Rudonosno područje, poznato do nedavno i kao timočki andezitski masiv, izučeno je detaljnije tek u nekoliko poslednjih godina. Radovi M. Drovenika, I. Antonijevića, M. Đorđevića i R. Milošakovića doprineli su potpunijem raščlanjivanju timočkog eruptivnog kompleksa i razdvajajanju produkata senonskog vulkanizma i kasnijeg tercijarnog plutonizma. Petrološke studije omogućile su ne samo preciznije određivanje odnosa rudnog stvaranja i magmata tektonskih procesa, već i izdvajanje u okviru eruptivnog kompleksa, rejona koji su povoljniji u pogledu otkrivanja novih ležišta bakra.

Timočki eruptivni kompleks zahvata površinu od oko 1.000 km^2 odnosno oko 3.000 km^2 sa širim obodom. Stvaranje toga kompleksa izvršeno je u više magmatskih faza. Prema vremenu stvaranja, u okviru eruptivnog kompleksa mogu se izdvojiti:

Gornjokredni andeziti i piroklasciti. — Daleko najveći deo kompleksa (oko 70%) pripada tvorevinama gornjokrednog submarinskih vulkanizma. Po perifernim delovima timočke eruptivne oblasti jasno se ističe višestruko smenjivanje piroklastičnog materijala sa senonskim marinskим sedimentima. Pored breča i tufova, u tvorevine gornjokrednog vulkanizma ubrajaju se i piroksenski i piroksensko-amfibolski andeziti. Najnovija ispitivanja M. Drovenika su pokazala da se tim tvorevinama mogu pridružiti i timociti Bora, koji su jedno vreme smatrani mladim od senonskih andezita; nesumljivo je utvrđeno da su borski timociti samo članovi jedne vulkanogeno-sedimentne serije koja konkordantno naleže na goltsko-cenomanske sedimente.

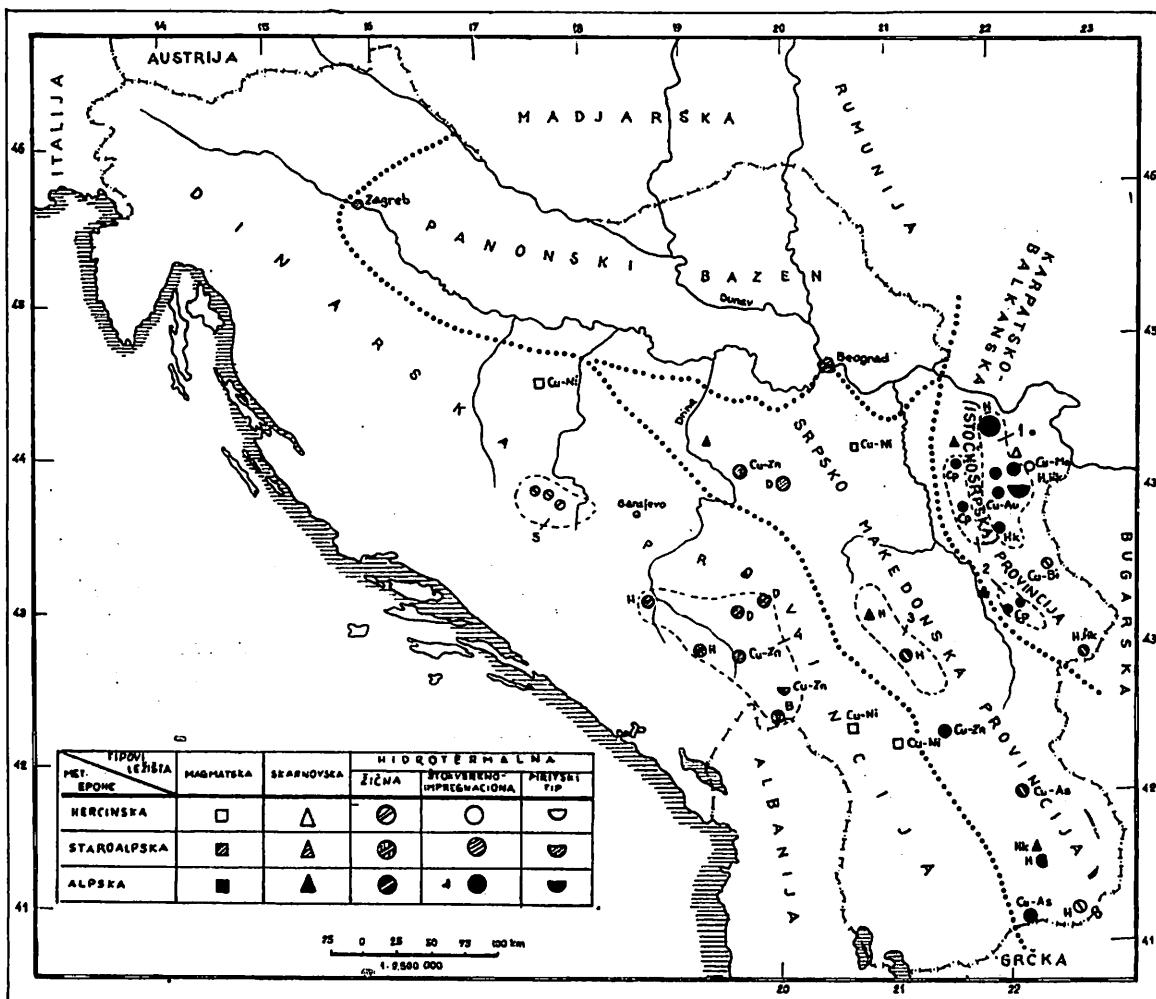
Gornjokredni vulkanizam je počeo pred senonom i traje kroz ceo taj kat. U pogledu bakronosnosti, gornjokredni vulkaniti se mogu smatrati sterilnim.

Laramijski plutonit. — Duž obodnih delova gornjokrednog andezitskog kompleksa dolazi do stvaranja većih dislokacija kojima se utiskuju laramijski plutoniti. Intruzivi probijaju i metamorfišu gornjokredne sedimente i vulkanite; naročito široki razvoj dostiže kontaktna zona sa skarnovima u domenu Crni Vrh — Beljanica.

Prema sastavu, laramijski intruzivi pokazuju izvesnu facijalnu promenljivost, ali su to u osnovi stene koje odgovaraju monconitima, granodioritima i kvarc-dioritima, a odgovarajući žični predstavnici. Iako postoje izvesne indikacije, ipak još uvek nije izvesno

da postoje i mlađi, tercijarni vulkaniti andezitskog sastava.

Stvaranje ležišta bakra i manjih ležišta olovo-cinka i magnetita dovodi se u genetsku vezu sa laramijskim intruzivima.



Sl. 1 — Ležišta i pojave bakronosne mineralizacije u Jugoslaviji.

Metalogenetske oblasti: 1 — Timočki erupativni kompleks, 2 — Zona crvenih peščara, 3 — Kopaonika oblast, 4 — Severnocrnogorska oblast, 5 — Srednjobosanska zona tetaedrita.

Mineralne asocijacije: H — halkopiritska, Hk — halkozinska, B — bornitska Cu-Ni — halkopiritsko-pentlanditska, Cu-Au — zlatonosno-halkopiritska (sa galenitom i sfaleritom), D — halkopiritska (genetski sa dijabazima), Cu-Zn — sfaleritsko-halkopiritsko-piritska, Cu-Au — enargitska, Cp — bakrova mineralizacija u permiskim crvenim peščarima.

Abb. 1 — Lagerstätten und Vorkommen der kupfer führenden Mineralisierungen in Jugoslawien

Metallogenetiche Gebiete: 1 — eruptiver Timok-Komplex; 2 — Zone der roten Sandsteine; 3 — Kopaonik-Gebiet; 4 — nordmontenegrinisches Gebiet, 5 — mittelbosnische Fahlerz-Zone.

Mineral-Assoziationen: H — chalcopyritische, Hk — chalcocinische, B — bornitische, Cu-Ni — chalcopyritisch-pentlanditische, Cu-Au — goldführend-chalcopyritische (mit Galenit und Sphalerit), D — chalcopyritische (genetisch mit Diabasen), Cu-Zn — sphaleritisch-chalcopyritisch-piritsche, Cu-As — enargitische, Cp — Kupfer-Mineralisierung in permischen roten Sandsteinen.

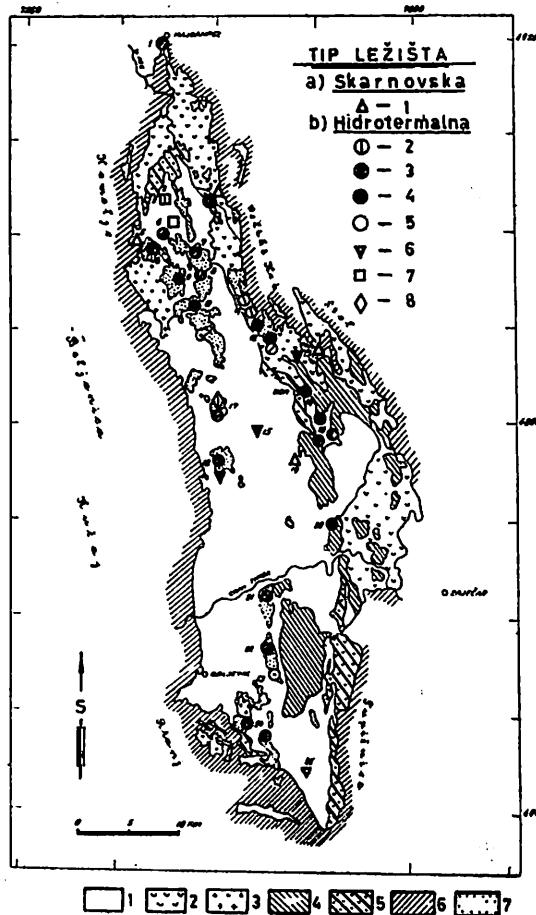
Sl. 2 — Rudna ležišta u domu timočkog eruptivnog kompleksa (geološka osnova po I. Antonijeviću)
 Tipovi ležišta: 1 — Skarnovská bakronosna olovno-cinkova ležišta, 2 — Žična ležišta bakra, 3 — Impregnaciona i štokverkno-impregnaciona ležišta bakra, 4 — Piritska ležišta sa bakrovim mineralima, 5 — Sto-kverkno-impregnaciona halkozinska ležišta, 6 — Mugle halkozina u vulkanskim brečama, 7 — Bakronosna olovno cinkova ležišta, 8 — Bakronosno-z'atonosna olovno cinkova ležišta.

Stene-formacije: 1 — Piroklasciti krede, 2 — Andeziti, senonski, 3 — Intruzivne stene (tercijar), 4 — konglomerati, peščari, laporci (gornja kreda), 5 — Tufovi, tufiti, laporci (gornja kreda), 6 — Krečnjaci, peščari (gornja kreda), 7 — Hidrotermalno promenjene stene.

Abb. 2 — Erzlagerstätten im Bereich des eruptiven Timok-Komplexes (geologische Grundlage nach I. Antonijević)

Erzlagertypen: 1 — kupferführende Pb-Zn-Skarnlagerstätten, 2 — Cu-Ganglagerstätten, 3 — Imprägnations- und Stockwerk-Imprägnations-Cu-Lagerstätten, 4 — Pyritlagerstätte mit Kupfermineralien, 5 — Stockwerk-Imprägnations-Chalkosin-Lagerstätte, Chalkosin-Muggeln in vulkanischen Breccien, 7 — kupferführende Pb-Zn-Lagerstätten, 8 — kupfer-gold-führende Pb-Zn-Erzlagerstätten.

Gesteinsformationen: 1 — Pyroklastite (Kreide), 2 — Andesite (Senon), 3 — intrusive Gesteine (Tertiär), 4 — Konglomerate, Sandsteine, Mergel (Oberkreide), 5 — Tuffite, Mergel (Oberkreide), 6 — Kalke, Sandsteine (Oberkreide), 7 — hydrothermal umgewandelte Gesteine.



— štokverkno-impregnaciona ležišta tipa Majdanpek;

— žična ležišta, pretežno kvarcne žice sa piritem, halkopiritom, halkozinom i kovelinom. Tome tipu pripada ležište Kraku Bugesku;

— hidrotermalna bakronosna olovno-cinkova ležišta su relativno retka, poznate su pojave u rejonu Jasikova. Bakar je u tim ležištima zastupljen uglavnom halkopiritom.

Katkad se u kvarcnim žicama sa halkopiritsko-sfaleritsko-galenitskom paragenezom javi i značajnije koncentracije zlata (ležište Zlot).

Na sl. 2. prikazana je metalogenetska karta borskog eruptivnog kompleksa sa položajem pojedinih ležišta bakra.

Zapadna Srbija. — U terenu zapadne Srbije postoji više manjih ležišta, vezanih u osnovi sa mezozojskim magmato-

Hidroermalno promenjeni andeziti predstavljaju posebno interesantne stene u okviru eruptivnog kompleksa, obzirom na moguću povezanost hidroermalne alteracije i bakronosnih rastvora. Zone hidroermalno promenjenih stena orijentisane su u osnovi u pravcu SSZ-JJI, i pokazuju jasno istaknutu saglasnost sa tektonskim strukturama. Proizvodi alteracije predstavljeni su kaolinisanjem, hloritisanjem, sericitisanjem i silifikovanjem.

Prema tipovima orudnjenja u timočkom eruptivnom kompleksu mogu se izdvojiti sledeća ležišta bakra:

— skarnovska ležišta obrazovana su pretežno u zapadnom obodu eruptivnog kompleksa; halkopirit je osnovni mineral bakra, a javlja se u asocijaciji sa magnetitom, piritem, sfaleritom, galenitom;

— piritska ležišta tipa Bor;

tektonskim procesima, delom sa tercijarnim granodioritskim magmatizmom odnosno efuzivnim ekvivalentima (najverovatnije sa malim intruzijama).

Tercijarna ležišta bakra nalaze se u dočemu kontaktne zone boranskog granodioritskog masiva. To su skarnovska ležišta tipa

Lipnik i hidrotermalna ležišta bakrovo-olovo-cinkove asocijacije. Ekonomski značaj tih ležišta u pogledu bakra je mali.

Ležišta sa dijabaz-rožnom formacijom smo već ranije prikazali.

Sa trijaskim porfiritskim magmatizmom vezano je stvaranje ležišta u rejonu Nova-

Pregled bakronosnih metalogenetskih oblasti i epoha u Jugoslaviji

Tablica 1

Metalogenetska Oblast	Epoha	Magmatizam	Mineralne asocijacije	Tip ležišta	Ležište
Timočki eruptivni kompleks	Alpska	Laramijski monconiti, granodiriti, kvarcdioriti	H, Sf, PbS, Mgt, Py	Skarnovska	Valja Saka Jorgovan potok
			H, Ms, Py, Q	Štokverkno-impregnacioni	Majdanpek, Dumitri potok
			Py, Ko, En, Bo, H, Hk, Q Cu, Zn, Pb, S; Q	Hidrotermalna	Piritska
			Py, H, Hk, Ko, Q		Jasikovo
			H, Sf, PbS, Au, Q	Žična	Kraku Bugarsku, Borovo
Ridanjsko-krepoljinska	Alpska	Srednjekiseli magmatizam	H, Sf, Se, Ms, Py, Mgt	Skarnovska	Zlot
			Hk, En, Lz, T, H, Bo, Py, Ko	U crvenim poščarima	Reškovic
			H, Bo, Sf, Mgt	Skarnovska	Sige
Vardarska	Alpska	Tercijarni srednjekiseli magmatizam	H, Py, Mgt	Štokverkna	Iberli
			En, Py, Ko	Žična + im-pregnacije	Bučim
			En, T, Py, Sf, PbS, Ba, Sd	žična	Dudica
Zapadna Srbija	Hercinska (?)	Graniti	H, Py, Sf	žična	Zlatica
		Granodioriti	H, Pr, Py, Ar, Sf	Skarnovska	Kazandol
		Dijabazi	H, Py, Q	Hidro term.	Lipnik
		Porfiriti	H, Sf, PbS, Py	Žična	Rebelj
Tarsko-limbska	Staroalp.	Dijabazi, gabro	H, Pn, Sf, Py, Q	Magmatska	Novaković
			H, Py, Mgt, Q, Ep	Hidr. žična	Zlatar
			H, Sf, Py	Hidr. žična	Varine
Kopaonička	Alpska	Srednjekiseli intruzivi	Mgt, H, Py	Skarnovska	Boan
			H, Ko, Q	Hiroterm. žice i imp.	Suvu rudište
Srednja Bosna	Hercinska	Kvarc-porfiri, graniti	Tetraedritske asocijacije	Hidrotermalne žice	Tiovac
Skopska Crna Gora	Alpska (?)	Granodioriti (?)	H, Py, Sf, Mgt, Sd, T, Hk, Q	Hidroterm. žice i im-pregnacije	Zec planina i dr.
					Binač

H = halkopirit; Hk = halkozin; Ko = kovelin; En = enargit; Bo = bornit; Lz = luzonit; Py = pirit; Pr = pirotin; Sf = sfalerit; PbS = galenit; Mgt = magnetit; Ms = molibdenit; Se = selit; Ma = markasit; Pn = pentlandit; Ar = arsenopirit; Q = kvarc; Ba = barit; Sd = siderit; Ep = epidot.

ković, u široj okolini Ljubovije. Ta ležišta su pretežno lokalizovana u paleozojskim škriljcima; rudna tela imaju oblik slojnih žica i sočiva. Mineralna parageneza se u osnovi sastoji od pirita, halkopirita, tetraedrita, sfalerita i galenita. Sadržaj bakra je do 3—4%. Obzirom na male razmere, ležišta ovoga područja nemaju veći značaj.

Kopaonička oblast. — U kopaočkoj oblasti postoji niz pojava bakrove mineralizacije, genetski vezane sa tercijarnim magmato-tektonskim pokretima. U tim ležištima bakar je, uglavnom, prateća komponenta skarnovskih magnetitskih parageneza i hidrotermalnih olovo-cinkovih, retko arsenopiritskih mineralnih asocijacija. U većini ležišta bakar, predstavljen halkopiritom, ne obrazuje značajnije koncentracije.

Vardarsko metalogenetska oblast. — U Makedoniji, u domenu Vardara,

pretežno na njegovoj levoj obali, nalazi se više ležišta bakra, pretežno malih razmera.

Tercijarna ležišta, genetski vezana sa srednje kiselim magmatizmom, pripadaju skarnovskim i hidrotermalnim tipovima. Hidrotermalna ležišta predstavljena su žičnim (tip Zlatice), i impregnaciono-štokverknim tipovima (tip Bučima).

Pored halkopirita, mestimično se javlja i enargit.

Srednjobosanske škriljaste planine. — U domenu Bosanskih škriljastih planina postoje brojna tetraedritska ležišta. To su uglavnom žična ležišta, složenog mineralnog sastava (pirit, arsено-pirit, sfalerit, galenit i dr.). Prema temperaturi stvarnosti pripadaju kata i mezotermalnim hidrotermalnim ležištima. Ležišta i mineralne parageneze u ovom području detaljno je obradio I. Jurković.

U tablici 1. dat je opšti pregled metalogenetskih oblasti i epoha bakra u Jugoslaviji

ZUSAMMENFASSUNG

Kupfererz Lagerstätten in Jugoslawien und ihre metallogenetischen Epochen

Prof. dr ing. S. Janković*)

Wir können folgende Kupfererz Lagerstätten, ihrem Typ nach, unterscheiden:

1. Magmatische Lagerstätten. Dieselben sind selten in Jugoslawien und ihnen gehören einzelne Cu-Ni-Paragenesen an (Pentlandit, Chalkopyrit, Pyrrhotin) und sind genetisch an basische (vorwiegend Diabase) gebunden.

2. Skarnlagerstätten. Diese Kupfererz Lagerstätten sind selten und vorwiegend aus Chalkopyrit aufgebaut, von veränderlichen Magnetit- u. Sphaleritanreicherungen, manchmal auch von Wismut-Mineralien, begleitet.

3. Hydrothermale Lagerstätten. Wirtschaftlich am bedeutendsten sind die Kupferkonzentrationen dieser Lagerstätten, die folgenderweise unterschieden werden können:

— Ganglagerstätten, die oft auftreten, jedoch geringe Ausmasse aufweisen. Den Mineralparagenesen nach können die Gangerzlagerstätten eingeteilt werden: a) Chalkopyrit, b) Chalkopyrit-Wismut, c) Enargit, d) Chalkopyrit-Chalkosin-Covelin, e) Chalkopyrit-Molybdänit, f) Chalkopyrit-Sphalerit-Galenit, g) Chalkopyrit-goldführend und h) Fahlerz.

— imprägnierte Stockwerkerz Lagerstätten enthalten sehr bedeutende Kupfervorräte. Der Mineralbestand ist in der Regel einfach: Chalkopyrit ist das Hauptmineral, von unbedeutenden Molybdänit- und Pyritkonzentrationen begleitet. In diesem Typ sind die Lagerstätten von Majdanpek (Ostserbien) entwickelt.

— Pyritlagerstätten, die sich durch ihr grosses Ausmass und einen verschiedenartigen Mineralbestand auszeichnen. Neben Pyrit, aus dem die Erzkörper hauptsächlich aufgebaut sind, treten Covelin, Chalkosin, Bornit, Chalkopyrit, Luzonit und Enargit auf;

Dr. ing. Slobodan Janković, profesor Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

Begleitminerale sind selten vertreten (Sphalerit, Fahlerz u. a.). Auch Gold kann bedeutende Konzentrationen bilden, seltener Selen und Germanium. Diesem Erzlagerstättentyp gehört Bor in Ostserbien an.

— Die Erzlagerstätten in roten Sandsteinen (Perm) sind in Bezug auf die Kupferminerale ähnlich jenen in Bor. Wirtschaftlich ohne grösserer Bedeutung.

Metallogenetische Epochen

Die Bildung der Kupfererzlagerstätten in den Gebieten Jugoslawiens erfolgte in mehreren metallogenetischen Epochen, von denen besonders wichtig die Bildungen der alpinen Epoche sind, die genetisch an die Intrusionen des granodioritischen Magmas gebunden sind. Auf Tabelle 1 wird eine Uebersicht der metallogenetischen Epochen und metallogenetischen Gebiete in Jugoslawien gegeben.

Literatura

- Cissarz, A., 1951: Die Stellung der Lagerstätten Jugoslawiens im geologischen Raum. — Geol. vesn., knj. IX, 23—60, Beograd.
- Cissarz, A., 1956: Lagerstätten und Lagerstättenbildung in Jugoslawien. — Raspr. Geol. zav. NR Srbije, vol. VI, Beograd.
- Donath, M., 1952: Majdanpek — eine neue Grosskupferlagerstätte in Jugoslawien. — Erzmetall, Bd. V, No. 3, 81—89.
- Drovenik, M., 1953: O izvoru rudnih minerala v Borskem rudniku. — Geol., raspr. in poroč., No. 1, Ljubljana.
- Drovenik, M., 1958: Bakrovo rudišče Gornja Lipa. — Geol., raspr. in poroč., knj. 4, 63—77, Ljubljana.
- Hiessleitner, G., 1945: Das Enargitvorkommen Dudice in Mazedonien. — Jb. d. Geol. Bundesanst., H. 1, 2, 53—98, Wien.
- Janković, S., 1961: Ekonomika geologija. — Posebno izd. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 7, Beograd.
- Jurković, I., 1956: Mineralne parageneze Srednjobosanskog rudogorja s osobitim osvrtom na tetraedrite. — Dokt. disert., Zagreb.
- Jurković, I., 1958: Tetraedrit iz rudne pojave Trošnik kraj Fojnice u Srednjobosanskom rudogorju. — Geol. gl., knj. 4, Sarajevo.
- Lazarević, M., 1912: Die Enargit und Covellinlagerstätten von Čoka Dulcan bei Bor in Ostserbien. — Zt. f. prakt. Geol.
- Lazarević, M., 1912: Propylitisierung, Kao-linisierung u. Verkieselung und ihre Beziehung zu den Lagerstätten der propylitischen jüngeren Gold-Silbergruppe. — Zt. f. prakt. Geol., XX, H. 8.
- Memperl, G., 1937: Die Kupferlagerstätte von Bor in Jugoslawien. — Erzmetall, Bd. 34.
- Rakić, S., 1963: Liquidmagmatische Co-Ni-Cu-Erzvorkommen bei Petković im Peridotitmassiv von Orahovac (Kosmet — Serbien). — Gl. prir. muz., Ser. A, knj. 18, 17—34.



Novi pojmovi u procesu koncentracije nekog korisnog minerala u rudi: ekstraktivan i neekstraktivan udeo minerala

Prof. dr ing. Đura Lešić

Uvod

Ekonomski aspekti uspešnog flotiranja neke rude sa jednim ili više korisnih minerala utvrđuju se, pored ostalog, i kroz postignuti stepen koncentracije ili kvalitet proizvedenih koncentrata i kroz postignuto iskorijenje korisnih minerala u proizведенom koncentratu. Činjenica je, da se ti ekonomski aspekti poklapaju sa tehnološkim.

U savremenoj tehničkoj literaturi, u slučaju kada se izlažu rezultati nekog tehnološkog procesa primenom postupka flotiranja neke monometalične ili polimetalične rude, gotovo nikad se ne daju objašnjenja i eksperimentalno tehničke podloge u cilju objašnjenja, zašto je gubitak korisnih komponenta u jalovini određen i zašto se on prihvata kao zadovoljavajući.

Po našem shvatanju, pomenuta činjenica je najveći nedostatak u savremenom izlaganju nekog praktično primenjivanog postupka koncentracije bilo koje vrste mineralne sirovine.

Tu i tamo u člancima, koji obrađuju ovake materijale, navodi se npr. da se uzroci gubitka korisnih minerala, uglavnom, opravdavaju struktorno-teksturnim karakteristikama tretirane sirovine. Međutim, bitno je dokazati vid tih osobina koje su uzrok gubicima.

Opravdani gubici korisnih minerala dolaze usled javljanja istih u vidu neekstraktivnog uleta (mikronski uklopci), dok su svi ostali gubici neopravdani. Ovi neopravdani

gubici ekstraktivnog dela korisnog minerala nastaju, uglavnom, zbog neusavršenosti procesa. Prvi vid gubitaka možemo prikazati „indeksom ekstraktivnosti”.

Utvrdjivanje ekstraktivnog i neekstraktivnog uleta neke korisne komponente u jalovini, dobijenoj postupkom flotiranja neke rude, može se realizovati, na primer, na sledeći način.

Neka je selektivnim flotiranjem neke rude bakra dobijen sledeći bilans metala:

	T %	Cu %	Raspodela Cu %
U	100,000	0,80	100,00
K	2,967	25,00	92,71
J	97,033	0,06	7,29

Ruda sadrži halkopirit sa vrlo malim udeлом pirita. Dnevni kapacitet prerade rude 30.000 t/24 časa.

Ako su karakteristike procesa bile sledeće: mlevenje rude do finoće 50% minus 200 meša (74 mikrona), grubo flotiranje, dopunsko mlevenje grubog koncentrata do finoće 85% minus 200 meša i prečišćavanje izmlevenog grubog koncentrata u cilju postizanja finalnog koncentrata, flotacioni reagensi, upotrebljeni u toku procesa, su klasični za tu vrstu rude.

U ovom primeru dati bilans metala, dobijen u procesu koncentracije, je praktički posmatrano vrlo zadovoljavajući.

Međutim, posmatrajući taj isti bilans sa tehničke strane konstatujemo da su gubici bakra u jalovini 7,29% tj. relativno vrlo visoki, naročito za ovu vrstu rude i za tretiranu tonažu, jer predstavljaju dnevni gubitak bakra od 17 t 496. Istraživački institut, koji mora posmatrati postignuto iskorišćenje, sa naučno-istraživačke tačke gledišta, ne može se a priori zadovoljiti ovakvim rezultatom rada, sem u slučaju da eksperimentalno potvrdi da su ovakvi gubici neminovni.

Dokazivanje uzroka gubitaka bakra, dath u praktičnom primeru, može se izvesti na sledeći način.

Neka je uzorak jalovine bio podvrgnut sledećim ispitivanjima:

— određivanju granulometrijskog sastava prosejavanjem i sedimentometrijskom analizom;

— određivanju sadržaja bakra u pojedinim klasama krupnoće i sedimentometrijskim frakcijama i proračunom udela bakra u odnosu na taj element u ulaznoj sirovini tj. u ispitivanoj jalovini;

— određivanju frakcija rastuće specifične težine komponenata sadržanih u jalovini (analiza P—T);

— određivanju sadržaja bakra u pojedinim frakcijama rastuće specifične težine i proračunom udela bakra u odnosu na taj element sadržan u ulaznoj sirovini tj. u ispitivanoj jalovini;

— mikroskopskom analizom pojedinih frakcija dobijenih odvajanjem u teškoj tečnosti u cilju utvrđivanja udela procentualnog sadržaja bakra u frakcijama:

a. u slobodnim oslobođenim zrnima minerala bakra utvrđivanjem dimenzija tih zrna;

b. u sraslim zrnima bakra i to dvojnim i trojnim, njihovih dimenzija kao i kategorija tih zrna i to:

— kategorija zrna koja daljim usitnjavanjem mogu dati oslobođena zrna minerala bakra sposobna za uspešno flotiranje (to važi za uklopke halkopirita dimenzija većih od oko 20 do 30 mikrona);

— kategorija zrna koja daljim usitnjavanjem ne mogu to dati (u ovu kategoriju sraslih zrna ubrajamo ona, koja bi oslobođenjem vrlo dalekosežnim mlevenjem dala zrnca minerala bakra ali reda prečnika oko 1 do 5 mikrona);

— kategorija zrna koja daljim dalekosežnim usitnjavanjem ne bi mogla dati oslobođena zrna halkopirita, jer su prirodno okulodovana u vidu „kapljica“ dimenzija 1 do 5 mikrona;

— ispitivanje slobodnih oslobođenih minerala bakra (izdvojenih u nekoj pogodnoj teškoj tečnosti) u npr. Halimond-ovoj cevi ili sličnom aparatu u cilju utvrđivanja njihove sposobnosti flotiranja pod uslovima koji se mogu i da razlikuju od uslova primenjenih u primarno utvrđenom procesu flotiranja i to zasebno za prvu i drugu kategoriju zrna.

Pomenuta ispitivanja dala su rezultate prikazane u vrlo sažetom obliku na tablicama 1, 2 i 3.

Na frakcijama rastuće spec. težine izvršena su mikroskopska ispitivanja i pri tome je utvrđeno:

A. Frakcija spec. težine 2,65

Ova frakcija predstavljena je sa 8,3% težinskih udela i u njoj preovlađuju minerali jalovine srasli sa piritom. U ponekom zrnu nalaze se uklopci halkopirita i to u vidu kapljica dimenzija ≤ 4 mikrona, pretežno u klasi najkrupnijih zrna. Udeo bakra u odnosu na celinu bakra u jalovini je minimalan i treba ga posmatrati kao neekstraktivni deo bakra.

B. Frakcija spec. težine 2,65—2,85

Ova frakcija zastupljena je sa težinskih 3,2% i znato višim sadržajem bakra nego u prethodno ispitivanoj frakciji.

U ovoj frakciji gotovo u svim klasama krupnoće nalazi se izvestan manji udeo sraslih zrna halkopirita sa piritom i kvarcom; nema dvojnih sraslih zrna halkopirita — prita. I ovaj bakar može se posmatrati kao neekstraktivan.

C. Frakcija spec. težine $> 2,85$

Težinski udeo ove teške frakcije iznosi svega 5,8%, a sadržaj bakra 0,976% i predstavlja 80,68% od ukupnog bakra sadržanog u jalovini (0,0484% Cu u odnosu na 0,060 Cu). Pretežno je u ovoj frakciji zastupljen pirit sa kvarcom i nešto halkopirita.

U toj frakciji ima slobodnih oslobođenih zrna halkopirita, koja predstavlja 20% Cu

Tablica 1

Granulometrijski sastav i raspodela bakra u pojedinim klasama krupnoće ispitivane jalovine

Klasa krupnoće, mikroni	T %	Cu % u klasi	Udeo Cu % klase na Cu % u jalovini sa 0,06% u Cu	Primedba
— 147 + 104	7,0	0,10	11,0	
— 104 + 74	4,0	0,15	3,7	
— 74 + 53	15,0	0,06	14,6	
— 53 + 42	38,0	0,04	24,6	
— 42 + 25	20,0	0,08	25,8	
— 25 + 10	8,0	0,07	9,4	
— 10 + 0	8,0	0,03	3,9	
Ukupno	100,0	0,0616	100,0	

Tablica 2

Težinski sastav frakcija rastuće specifične težine ispitivane jalovine i sadržaj metala u frakcijama

Specifična težina odvajanja frakcije	T % klase +10 mikrona	Cu % u frakciji	Zbirno Cu %	Raspodela Cu %	Primedba
≤ 2,65	83,0	tragovi	—	—	
2,65 — 2,85	3,2	0,025	0,0080	11,27	
> 2,85 kl. — 10 mik.	5,8 8,0	0,976 0,070	0,0568 0,00560	80,78 7,95	
Ukupno	100,0	0,0704	0,0704	100,00	

Napomena: Analitički rezultati bakra pokazali su u ukupnom sadržaju bakra odstupanje (0,0704%), umesto 0,0614%), ali se ta greška reda veličine 11,5% može prihvatići, s obzirom na doziranje vrlo niskih sadržaja.

Tablica 3

Granulometrijski sastav teške frakcije specifične težine > 2,85 sa udelom bakra u pojedinim klasama krupnoće i mikroskopijom utvrđen udeo slobodnih oslobođenih zrna halkopirita i sraslih zrna

Klasa krupnoće mikrona	T % klase	Cu % u klasi	Ukupno Cu u klasi	Raspodela Cu %	Raspodela Cu % na		Pri-medba
					slobodna zrna halkopirita	srasla zrna halkopirita	
— 147 + 74	22,0	1,975	0,395	40,5	4,0	36,5	
— 74 + 42	62,2	0,757	0,471	48,2	10,0	38,2	
— 42 + 10	15,8	0,700	0,110	11,3	6,0	5,3	
Ukupno	100,0	0,976	0,976	100,0	20,0	80,0	

Napomena: Računamo da je preciznost analitičkog određivanja sadržaja bakra i u ovom slučaju reda veličine ± 10%.

sadržanog u toj teškoj frakciji, što u odnosu na 0,06% Cu u jalovini iznosi 0,012% Cu, dok je ostalih 75% bakra sadržano u sraslim zrnima (dvojna i trojna).

Srasla zrna su rasporedena u sve klase krupnoće ove teške frakcije.

U svim sraslim zrnima, koja nose u jalovini 0,048% Cu, skoro 30% tj. 0,0144% Cu je u vidu kapljica halkopirita veličine oko 1 do 4 mikrona, dok su u ostalim zrnima srastanja većih dimenzija i prelaze prečnik od 30 mikrona.

Može se predvideti da bi se dopunskim usitnjavanjem sraslih zrna postiglo oslobođanje halkopirita, koji bi se kasnijim flotiranjem mogao eventualno izdvojiti u koncentrat bakra.

Konačno ne treba zaboraviti da je osnovna klasa krupnoće — 10+0 mikrona zastupljena sa 8% težinskog udela jalovine sa 0,03% Cu, što u odnosu na Cu % 0,06 u ukupnoj jalovini predstavlja svega 4% bakra.

Kategorizacija bakra po tipovima zrna u jalovini

Rezimirajući ove podatke možemo formulisati rezultate ispitivanja gubitaka bakra u jalovini.

Od 0,060% Cu sadržanog u jalovini utvrđeno je (sa nekom greškom od oko $\pm 10\%$) i ta:

— 0,0120% Cu nalazi se u vidu slobodnih zrna halkopirita koja bi se mogla flotiranjem izdvojiti i predstavljaju ekstraktivni deo bakra;

— 0,0144% Cu je u vidu halkopirita, koji se javlja u obliku kapljica u sraslim zrnima i predstavlja neekstraktivni deo bakra;

— 0,0186% Cu nalazi se u sraslim zrnima krupnijih klase u vidu halkopirita, koji bi se dopunskim mlevenjem i kasnijim flotiranjem mogao eventualno izdvojiti u koncentrat i predstavlja ekstraktivni deo bakra;

— 0,0130% Cu u vidu sraslih zrna sa halkopiritom, koja se ne bi mogla dopunskim mlevenjem oslobiti pa niti flotiranjem izdvojiti, predstavlja neekstraktivni deo bakra;

— 0,0048% Cu je u najsitnijoj klasi (-10 mikrona), gde je halkopirit sloboden, delimično ekstraktivan

Od ukupnog sadržaja bakra u jalovini od 0,060% svega za 0,0354% Cu postoji eventualna šansa da bi se dopunskim tretiranjem mogao izdvojiti u koncentrat bakra, dok preostalih 0,0247% Cu treba smatrati, a priori, kao neekstraktivni deo bakra u jalovini a samim tim i u rudi. Taj neekstraktivni deo bakra treba u bilansu metala prikazati zasebno. Gubici ekstraktivnog dela bakra u jalovini predstavljaju onaj deo, koji predstavlja ili donju granicu praktičnog gubitka metala u jalovini (jer u praksi je skoro apsurdno očekivati iskorisćenje od 100% korisne komponente) ili nedostatak u tehnološkom procesu, ukoliko bi se mogao flotiranjem bar parcijalno prevesti u koncentrat.

Da bismo ispitali, da li ipak postoji mogućnost poboljšanja procesa kako bi se i ekstraktivni deo bakra iz jalovine mogao bar delimično ipak izdvojiti u koncentrat, potrebno je eksperimentalno proveriti i to:

— zasebno za bakar u slobodnim već oslobođenim mineralnim zrnima koja su zaoštala u jalovini, i

— zasebno za bakar zaostao u sraslim zrnima i jalovini, posle dopunskog mlevenja.

Ispitivanja mogućnosti dopunskog iskorisćenja bakra sadržanog u jalovini koji predstavlja ekstraktivni deo

Neka su ispitivanja pokazala da se od ekstraktivnog bakra može prefinjenim postupkom, naročito korišćenjem molekularno istaloženog vazduha u pulpi i dužim vremenom trajanja flotiranja, izdvojiti koncentrat pri iskorisćenju od oko 60% u odnosu na polazni sadržaj od 0,0346% Cu, što predstavlja 0,0207% Cu.

Ovo treba posmatrati kroz prizmu dobijanja viška bakra, preradom 30.000 t/dan rude, jer pomenutih 0,0346% Cu predstavljaju višak bakra u koncentratu u visini od 10 tona, što izraženo u novcu u bruto vrednosti iznosi 5.000.000.— dinara/dan.

Indeks ekstraktivnosti bakra iz tretirane rude

Na bazi utvrđenih podataka možemo u bilans metala staviti i indeks ekstraktivnosti

ulaznog metala, koji možemo naznačiti sa $R_{\zeta U}$ i indeks ekstraktivnosti korisnog metala sadržanog u jalovini $R_{\zeta J}$.

Indeks ekstraktivnosti ulaznog metala je odnos ekstraktivnog metala, utvrđenog eksperimentalnim istraživanjem u jalovini i preračunatog u vidu procentualnog u dela u ulaznoj rudi, i ukupnog bakra određenog u rudi tj. na primeru rude bakra:

$$R_{\zeta U} = \frac{\Sigma \text{Me} \% - \text{NE Me} \%}{\text{Cu} \%}$$

gde je

$\Sigma \text{Me} \% - 0,80 \% \text{ Cu}$ (ukupan bakar u ulaznoj rudi)

$\text{NE Me} \% - 0,024 \% \text{ Cu}$ (neekstraktivni bakar u ulaznoj rudi)

odnosno

$$R_{\zeta U} = \frac{0,80 - 0,024}{0,80} = 0,97$$

Drugim rečima, indeks ekstraktivnosti, koji je uvek < 1 , pokazuje da od ukupnog sadržaja metala, pri izradi bilansa metala sa proračunom iskorišćenja, radi prikazivanja realnog iskorišćenja treba poći od ekstraktivnog bakra. Nadalje, u prikazivanju sadržaja metala u jalovini, treba prikazati samo ekstraktivni deo a ne i neekstraktivni. Te podatke izražavamo indeksom ekstraktivnosti korisnog metala u jalovini:

$$R_{\zeta J} = \frac{\Sigma \text{Me} \% - \text{NE Me} \%}{\text{Cu}}$$

gde je

$\Sigma \text{Me} \% - \text{procenat metala u jalovini}$;

$\text{NE Me} \% - \text{procenat neekstraktivnog metala u jalovini}$

odnosno

$$R_{\zeta J} = \frac{0,060 - 0,0246}{0,060} = 0,59$$

Na bazi ovih indeksa možemo predstaviti ranije dati bilans metala u preradi rude bakra:

	T%	Cu %	I %	R _{ζU}	R _{ζJ}
U	100,00	0,80	100,00	0,97	—
K	2,967	25,00	92,71	—	—
J	97,033	0,06	7,29	—	0,59

Odakle proizlazi novi vid prikazivanja bilansa metala:

	T%	Cu %	Ekstraktivni Cu %	Iskorišćena za ekstrakt.	R _S
U	100,0	0,80	0,776	100,00	0,97
K	2,968	25,00	25,00	95,61	—
J	97,032	0,06	0,035	4,39	0,59

Ovako prikazan bilans metala daje realniju sliku iskorišćenja korisnog minerala ili metala. Tek sada možemo zaključiti da je iskorišćenje metala u procesu koncentracije dalo zadovoljavajuće rezultate u tehnološkom pogledu.

Međutim, bilans ukazuje da jalovina sadrži još 0,035% bakra ekstraktivnog yida. S obzirom na visoku tonažu rude koja se dnevno prerađuje sa jedne strane, i visoke cene metala sa druge strane, ipak mora ostati težište na pokušajima za dobijanje boljeg iskorišćenja, makar i na uštrb kvaliteta koncentrata, jer su istraživanja na jalovini pokazala da postoji mogućnost dopunskog iskorišćenja.

U našem izlaganju o indeksu ekstraktivnosti metala postupkom flotiranja rude pošli smo od rude bakra sa relativno vrlo niskim sadržajem metala u jalovini. Lako je zamsiti da mogu postojati kod iste ili sličnih ruda i znatno viši sadržaji korisnog minerala ili metala u jalovini. Eksperimentalno utvrđeni indeksi ukazaće nam mogućnost i potrebu poboljšanja tehnološkog procesa.

Nadalje, valja naglasiti da ovaj indeks treba primenjivati i u prikazivanju bilansa prerade za sve vrste ruda metala i nemetala kao i za ugalj. Tek sa primenom takvih indeksa dobija se kompletan uvid u uspeh ili neuspeh procesa koncentracije.

Nadamo se da će naša stručna javnost u oblasti pripreme mineralnih sirovina sve-srdno prihvati uvođenje ovog novog pokazatelja.

SUMMARY

A new Index for the Extractability in the Concentration Processes

Prof. dr ing. D. Lešić*)

In the concentration of an ore it is very useful to give the performances of a mill by metal balance with quality of products and recovery. The author suggests the introduction of a new index, so called „Index of extractability” of minerals in the feed and the same, separately, in the tailings. This index is the ratio of total useful mineral or metal minus nonextractive percentage of the same nonextractive mineral (due to very fine dissemination in the ore in the form of fine drops of less than 5 or more microns) and the total mineral or metal in the feed or in the tailings. The method of such determination is given by an example. The author points out that this new index is indispensable for the real judgement of success or failure in operations of mineral dressing and recommends its use in the future, as very important one.



*) Profesor dr ing. D. Lešić, šef katedre za PMS i direktor naučnog razvoja Zavoda za PMS Rudarskog instituta, Beograd.

Uticaj pepela sa niskom temperaturom topljenja na proces sagorevanja ugljeva u ložištima kotlova i izbor pogodnih mešavina*)

(sa 2 slike)

Dipl. ing. Lj. Novaković — dipl. ing. M. Antić — dipl. ing. M. Vesović

Uvod

Ispitivanja uticaja ugljeva, koji imaju nisku temperaturu topljenja pepela, na proces sagorevanja u ložištima kotlova i izbor pogodnih mešavina izvršena su kroz laboratorijska i više serija industrijskih ispitivanja.**)

Laboratorijska ispitivanja

Kod laboratorijskih ispitivanja pojavljuje se problem koliko ona mogu da posluže kao osnov za procenu stvarnog ponašanja šljake u ložištu. Za razliku od laboratorijskih uslova, u ložištima kotlova raspored temperaturna je vrlo heterogen, gasna atmosfera je promenljiva, raspored mineralnih primesa u uglju je neravnomernan, a neujednačeni uslovi sagorevanja ne mogu biti precizno kontrolisani. Međutim, prva ipak treba prihvatići, jer daju osnovu konstruktorima i korisnicima kotlova kod izbora ložišta i omogućuju da se sproveđe sistematika u ispitivanju ovog problema i ostvare poboljšanja kod korišćenja ugljeva koji šljakuju.

*) Saopšteno na I simpozijumu termičara u Herceg-Novom od 15—17. juna 1964. godine.

**) U ovom saopštenju korišćeni su svi izveštaji Toplotnog odeljenja Instituta za ugalj i Zavoda za termotehniku RI.

Laboratorijska ispitivanja izvršili su saradnici Biroa za analitičku hemiju RI.

Laboratorijska ispitivanja svih ugljeva i mešavina obuhvatila su:

a) određivanje karakterističnih tačaka (temperatura) topljenja pepela svih izabranih ugljeva i njihovih mešavina. — Usvojene su, po međunarodnim normama, četiri karakteristične tačke:

— početak sinterovanja — temperatura na kojoj se primećuju prvi znaci promene zapremine probnog tela;

— tačka omekšavanja — tačka na kojoj se opažaju prvi znaci zaobljavanja vrhova ili ivica probnog tela. Ova tačka određuje se od druge polovine 1961. godine i ona se nalazi između vrednosti navedene za početak sinterovanja i tačke polulopte;

— tačka polulopte — temperatura na kojoj probno telo dobija oblik polulopte, čija je visina jednaka polovini dužine osnove probnog tela;

— tačka razlivanja — temperatura na kojoj se probno telo potpuno razliva preko podlage, pri čemu je debljina sloja jednaka trećini visine polulopte.

Određivanje topljenja pepela smeša u kojima je osnovna komponenta bio ugalj iz rudnika Zenica odnosno Vrdnik izvršeno je samo u oksidacionoj atmosferi.

Zbog visokog sadržaja Fe_2O_3 u pepelu aleksinačkog uglja, određivanje topivosti pepela mešavina sa aleksinačkim ugljem izvršena su i u poluredukcionoj atmosferi. (Fe_2O_3 u poluredukcionoj atmosferi redukuje se do FeO , koji je baza za stvaranje lako topivih jedinjenja);

b) ispitivanja kvaliteta ugljeva i pepela. — Kod ovih ispitivanja izvršene su sledeće analize:

pepeo ($A\%$);
vlaga ($W\%$);
sagorljive materije;
isparljive materije ($W_g\%$);
kalorična moć (H_u i H_s);
ugljenik ($C\%$);
vodonik ($H\%$).

Analiza pepela obuhvatila je kompletan elementarni sastav (SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , Al_2O_3 , P_2O_5 , TiO_2 itd.).

Pošto su ovim ispitivanjima obuhvaćeni mrki ugljevi, koji su poznati po svojim nenađimajućim osobinama, nije vršena analiza indeksa nadimanja.

Zaključci laboratorijskih ispitivanja

Na osnovu analize rezultata laboratorijskih ispitivanja i upoređenja topljenja pepela osnovnih komponentalnih ugljeva sa krivama topljenja odgovarajućih mešavina (vidi tablice 1, 2 i 3), došlo se do sledećih zaključaka:

— mešavina ugljeva iz rudnika Aleksinac i Soko pokazala je u sva tri odnosa ($80\% : 20\%$; $60\% : 35\%$ i $50\% : 50\%$) nešto bolje rezultate i u oksidacionoj i u poluredukcionoj atmosferi od čistog aleksinačkog uglja;

— najveće povećanje tačke topljenja pepela pokazala je mešavina ugljeva iz rudnika Aleksinac i Resava u poluredukcionoj atmosferi kod odnosa $50\% : 50\%$. Ova mešavina dala je zadovoljavajuće rezultate i u oksidacionoj atmosferi;

— mešavina ugljeva iz rudnika Aleksinac i Breza pokazala se je najpodesnijom u odnosu $80\% : 20\%$. Dalje povećanje udela Breze nepovoljno utiče na topivost pepela u oksidacionoj sredini;

— mešavine ugljeva iz rudnika Aleksinac i Bogovina i Aleksinac i Jelašnica nisu dale rezultate koji bi opravdali industrijska ispitivanja ovih smeša;

— krive topljenja pepela mešavina ugljeva iz rudnika Zenica i Banovići, Zenica i Kakanj, Zenica i Mezgra u glavnom se ne razlikuju od odgovarajuće krive matičnog uglja;

— mešavina ugljeva iz rudnika Zenica i Breza pokazala je u sva tri odnosa nešto lošije rezultate od čistog uglja iz rudnika Zenica;

— kod mešavina uglja iz rudnika Vrdnik sa ugljevima Resava i Kakanj nije uočena bitnija razlika u topivosti pepela u odnosu na čist matični ugalj;

— mešavine ugljeva iz rudnika Vrdnik i Breza i Vrdnik i Soko nisu dale više temperature topljenja pepela.

Laboratorijska ispitivanja su poslužila kao putokaz u kasnijim industrijskim ispitivanjima.

Koristeći rezultate ovih ispitivanja izvršena je selekcija ugljeva koji su dolazili u obzir da u mešavini sa ugljevima iz rudnika Aleksinac, Vrdnik i Zenica budu ispitani u industrijskim razmerama.

Mešavine ugljeva iz rudnika Aleksinac i Jelašnica i Aleksinac i Bogovina nisu dale rezultate koji bi opravdali potrebu industrijskih ispitivanja.

S druge strane, ugalj iz rudnika Soko, koji je na osnovu pozitivnih laboratorijskih rezultata odabran za industrijska ispitivanja, nije u mešavini sa aleksinačkim ugljem dao dosledne rezultate.

Industrijska ispitivanja mešavine ugljeva iz rudnika Aleksinac i Resava su dala delimično neočekivane rezultate. (Stepen iskorisćenja je zadovoljavajući, iznenađuju gra-nulometrijski sastav šljake i gubitak U1).

Na osnovu toga, može se zaključiti da laboratorijska ispitivanja za neke ugljeve ne mogu pouzdano da predvide ponašanje u pogledu šljakovanja na rešetkama kotlova.

Imajući u vidu kompleksnost i nedovoljno poznavanje mehanizma šljakovanja ova konstatacija nije iznenađujuća.

Industrijska ispitivanja

Ispitivanja mrkog uglja iz rudnika Aleksinac na lančanoj rešetki

Ispitivanja mrkog uglja iz rudnika Aleksinac izvršena su u strmocevnom kotlu „Babcock-Wilcox“ 12/15 Mp/h, pritisak 13,5

Laboratorijska ispitivanja čistih komponenata

Tabelica 1

	Klasa mm	Vлага W %	Pepeo A %	Sum- por Su %	Isp. mat. I.M. %	Sagorilj- vost % %	Kal. moc Hd kcal/kg	Ugje- nik C %	Vodo- nik H %	sintet. °C	Topivotst polulop. °C	pepele različ. °C
1. Aleksinac	0-30	22,20	15,10	4,49	30,97	62,70	4207	45,52	3,45	1050/1030*	1290/1170*	1305/1190*
2. Bogovina	0-30	26,00	15,73	3,17	28,96	58,27	3603	42,03	3,15	870	1210	1225
3. Jelašnica	0-30	25,80	18,54	3,22	30,88	55,86	3268	37,99	2,17	910	1200	1210
4. Resava	0-30	22,60	16,83	0,73	30,88	60,57	3772	43,41	3,22	910	1400	1400
5. Soko	0-15	28,10	25,17	1,57	26,28	46,73	2652	31,64	2,69	900	1290	1320
6. Breza	0-30	18,50	13,82	2,23	31,92	67,68	4549	50,21	3,95	860	1210	1215
7. Zenica	15-30	15,40	15,93	4,00	36,95	68,67	4526	49,19	3,81	900	1255	1260
8. Banovići	15-30	24,45	15,57	1,27	28,85	59,98	3906	43,96	3,08	960	1250	1270
9. Mezgra	15-30	22,40	20,80	4,27	35,40	56,90	3520	39,96	2,98	860	1375	1400
10. Kakanj	5-30	9,30	25,35	—	—	65,05	4553	48,61	3,05	940	1340	1350
11. Vrdnik	15-30	19,80	20,60	0,37	28,21	59,60	3903	43,71	3,02	925	1285	1305

* Prva temperatura označava rad u oksidacionoj atmosferi, a druga rad u polureduktionskoj atmosferi.

Analiza pepela čistih komponenata

Tabelica 2

	Klasa mm	SiO ₂ %	Fe ₂ O ₃ %	Al ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SO ₃ %	P ₂ O ₅ %	Na ₂ O %	K ₂ O %	Sastav
1. Aleksinac	0-30	32,04	32,73	11,14	8,66	2,03	8,26	1,33	1,20	1,98	0,52
2. Bogovina	0-30	29,71	10,13	6,94	32,09	3,12	15,40	0,23	1,22	0,20	0,77
3. Jelašnica	0-30	28,34	8,54	12,47	25,00	5,14	18,28	0,16	0,48	0,60	0,88
4. Resava	0-30	43,25	7,03	21,49	16,26	3,39	6,90	0,19	0,64	0,50	0,28
5. Soko	0-15	45,95	9,34	20,66	9,68	2,54	7,72	0,19	0,56	1,05	jako kiseo
6. Breza	0-30	31,72	15,39	15,64	22,16	3,49	8,85	0,17	0,75	0,99	neutralan
7. Zenica	15-30	26,46	16,46	13,19	22,08	3,88	15,40	0,37	0,78	0,63	neutralan
8. Banovići	15-30	42,49	12,78	14,68	12,58	4,15	11,86	trag.	0,64	0,42	slabo kiseo
9. Mezgra	15-30	14,83	10,64	6,35	39,58	3,65	23,32	0,37	0,41	0,20	jako bazan
10. Kakanj	5-30	39,65	12,22	17,81	15,36	3,67	8,95	trag.	1,12	0,30	slabo kiseo
11. Vrdnik	15-30	57,59	11,42	17,82	3,67	3,22	2,47	0,12	0,24	2,85	kiseo

Topivost pepela mešavine ugljeva

Tablica 3

Mešavine	Odnos %	Topivost pepela		
		sinterovanje °C	polulopta °C	razlivanje °C
Aleksinac : Resava	80% : 20%	1020/930*	1300/1250*	1325/1260*
	65% : 35%	940/910	1305/1140	1325/1155
	50% : 50%	1000/980	1320/1300	1340/1320
Aleksinac : Breza	80% : 20%	1040/1040	1250/1240	1275/1265
	65% : 35%	880/880	1230/1220	1265/1275
	50% : 50%	980/950	1220/1200	1250/1230
Aleksinac : Soko	80% : 20%	970/950	1280/1275	1305/1250
	65% : 35%	950/920	1300/1265	1310/1275
	50% : 50%	930/910	1300/1270	1315/1280
Aleksinac : Bogovina	80% : 20%	1040/930	1215/1215	1250/1250
	65% : 35%	950/940	1200/1200	1210/1210
	50% : 50%	1020/950	1200/1200	1210/1200
Aleksinac : Jelašnica	80% : 20%	1035/1005	1230/1080	1260/1095
	65% : 35%	1010/990	1210/1085	1230/1100
	50% : 50%	930/900	1210/1175	1225/1185
Zenica : Breza	80% : 20%	880	1230	1240
	65% : 35%	870	1230	1240
	50% : 50%	880	1225	1235
Zenica : Banovići	80% : 20%	920	1235	1245
	65% : 35%	900	1250	1265
	50% : 50%	870	1245	1270
Zenica : Kakanj	80% : 20%	680	1245	1255
	65% : 35%	920	1250	1270
	50% : 50%	880	1245	1255
Zenica : Mezgraia	80% : 20%	880	1225	1230
	65% : 35%	910	1240	1255
	50% : 50%	900	1290	1310
Vrdnik : Resava	80% : 20%	910	1310	1340
	65% : 35%	890	1315	1325
	50% : 50%	890	1280	1310
Vrdnik : Soko	80% : 20%	880	1320	1325
	65% : 35%	910	1300	1310
	50% : 50%	900	1305	1320
Vrdnik : Breza	80% : 20%	930	1300	1330
	65% : 35%	950	1280	1310
	50% : 50%	1030	1265	1310
Vrdnik : Banovići	80% : 20%	870	1310	1335
	65% : 35%	870	1295	1320
	50% : 50%	900	1285	1320
Vrdnik : Kakanj	80% : 20%	900	1285	1330
	65% : 35%	860	1290	1310
	50% : 50%	900	1300	1320

* Prva temperatura označava rad u oksidacionoj atmosferi, a druga rad u polureduktivnoj atmosferi.

kp/cm^2 , $360^\circ C$, rešetka lančana u strmocevnom kotlu „Škoda”, $8/10 \text{ Mp/h}$, pritisak 16 kp/cm^2 , $390^\circ C$, rešetka lančana (tab. 4).

Na osnovu rezultata industrijskih ispitivanja iznetih u tablici 4 zapažanja za vreme industrijskih ispitivanja i rezultata laboratorijskih ispitivanja, došlo se do ovih zaključaka:

Kotao „Babcock — Wilcox”

— gubici topote u šljaci i granulometrijski sastav šljake kod proba izvršenih čistim aleksinačkim ugljem i proba izvršenih mešavinama ugljeva Aleksinac — Breza (probe 1—4) ne pokazuju neke bitne međusobne razlike.

Najbolje rezultate u pogledu iskorišćenja energije goriva u kotlu „Babcock — Wilcox” dala je mešavina Aleksinac — Breza u odnosu 75% : 25% .

— Prema ponašanju na rešetki aleksinački ugalj kao i mešavina Aleksinac — Breza u odnosu 75% : 25% i 50% : 50% pokazale su se pogodne za sagorevanje pri temperaturama u ložištu do $1200^\circ C$.

— Industrijska ispitivanja sa ugljem iz rudnika Aleksinac su potvrdila rezultate laboratorijskih ispitivanja. Ovaj zaključak se, uglavnom, odnosi i na ispitivanja sa ugljem iz rudnika Resava. Nasuprot ovim rezultatima, ugljevi iz rudnika Breza i Soko pokazuju karakteristično neslaganje između industrijskih i laboratorijskih ispitivanja. Tačke ometavanja i polulopće su za čistu Brezu vrlo blizu tačkama, koje daje ugalj iz rudnika Aleksinac, pa ipak ovaj ugalj u praksi ne samo da ne stvara teškoće u radu, već je podesan i za samostalno korišćenje i za rad u mešavini sa ugljem iz rudnika Aleksinac. Obrnuto neslaganje imamo sa ugljem iz rudnika Soko. Ugalj iz ovog rudnika je dao u industrijskim ispitivanjima neočekivano loše rezultate.

— Izrazito nepovoljan granulometrijski sastav šljake, čak pri temperaturama u ložištu i ispod $1140^\circ C$, dobijen je kod mešavine Aleksinac — Resava i Aleksinac — Soko u odnosu 75% : 25% . Kao posledica ovog, gubici topote u šljaci primetno su veći nego pri radu sa čistim aleksinačkim ugljem i smesom Aleksinac — Breza.

— Kako vatra i pri ovom odnosu komponenta zapiče u velikim nepravilnim blokovima, to bi dalje povećanje udela uglja Resava odnosno Soko u mešavini bilo neumesno.

Kotao „Škoda”

— Aleksinački ugalj, koji se pri temperaturama u ložištu do $1200^\circ C$ pokazao pogodnim za sagorevanje na mehaničkoj rešetki, na temperaturama u ložištu preko $1320^\circ C$ (kotao „Škoda”) dao je loše rezultate (40% šljake je preko 50 mm, gubici topote u šljaci su visoki).

— U cilju iznalaženja mogućnosti upotrebe aleksinačkog uglja u kotlovima sa mehaničkom rešetkom kod kojih se ostvaruju temperature u ložištu preko $1320^\circ C$, izvršeno je ispitivanje mešavina Aleksinac — Breza u odnosu 75% : 25% i 50% : 50% tj. onih mešavina koje su se kod kotla „Babcock-Wilcox” pokazale kao najbolje.

Rezultati ispitivanja ovih mešavina i zanja o toku probe pokazuju da povećanjem udela uglja Breza u mešavinama dolazi do:

- smanjenja zapicanja vatre i poboljšanja granulometrijskog sastava šljake;
- smanjenja gubitaka topote u šljaci i
- povećanja stepena korisnog dejstva kotla.

Prema tome, mešanjem aleksinačkog uglja sa ugljem Breza postiže se i pri visokim temperaturama u ložištu znatno bolji rezultati.

Ispitivanje ugljeva iz rudnika Banovići, Zenica i Vrdnik u kotlu sa lančanom rešetkom

Na sekcionalom kotlu sa delimično ekranisanim ložištem, čiju je potpunu rekonstrukciju izvršilo preduzeće „Đuro Đaković” — Slavonski Brod, kapaciteta $5,0/6,0 \text{ Mp/h}$, pritiska 13 kp/cm^2 , $350^\circ C$ sa lančanom rešetkom za mrki ugalj 0-15 mm, izvršene su četiri serije ispitivanja.

Prva serija ispitivanja na ovom kotlu izvršena je sa ugljevima koji šljakuju i to:

Banovići	100%
Zenica	100%
Vrdnik	100%

Kod svih serija ispitivanja temperature u ispitivanom ložištu uglavnom su se kretale između $1000-1050^\circ C$ (leva strana) i $1050-1100^\circ C$ (desna strana). Temperature u ložištu su merene optičkim pirometrom i predstavljaju prosečne temperature gasnog potoka. Temperature u sloju i aktivnoj zoni sagorenja su znatno više.

Za ispitivanja koja su data u ovom članku značajno je da temperature u ložištu nisu prelazile $1250^\circ C$.

Zahvaljujući ovakvim temperaturama u ložištu čak i sa čistim komponentama ugljeva Banovići i Zenica, dobijeni su, s obzirom na osobine izabranog kotla kao i njegovog stanja i uslova rada, zadovoljavajući rezultati (tablica 5).

Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Vrdnik su čak i kod ovako niskih temperatura u ložištu, dala veoma nezadovoljavajuće rezultate. Parametri proizvedene pare su samo malo slabiji, ali je došlo do izrazitog pada u kapacitetu kotla (sa 4.300 kp/h na 2.370 kp/h) i neočekivanog smanjenja stepena iskorišćenja kotla ($\eta_k = 32,78$).

Zaključeno je da kod korišćenja uglja iz rudnika Vrdnik (100%) ne postoje uslovi za normalan rad ispitivanog kotla.

Druga serija ispitivanja izvršena je sa istim ugljevima, ali u mešavini sa ugljem iz rudnika Breza u odnosu 1 : 1.

Ispitivanje mešavine ugljeva iz rudnika Vrdnik, Zenica i Banovići sa ugljem iz rudnika Breza su dala nezadovoljavajuće rezultate ispitivanja. Npr. stepen iskorišćenja i kapacitet kotla su znatno smanjeni.

Treća serija ispitivanja izvršena je, takođe, sa istim ugljevima, ali u mešavini sa ugljem iz rudnika Senjsko-Resavski, okno Resavica u odnosu 1 : 1.

Ispitivanja mešavina šljakujućih ugljeva sa ugljem iz rudnika Resavica u odnosu 1 : 1 su dala, takođe, nezadovoljavajuće rezultate. Iako je sa ovim mešavinama rad kotla nešto ujednačeniji i bolji, a sa ugljem iz rudnika Vrdnik čak i znatno bolji, i ove mešavine ne zadovoljavaju.

Na osnovu rezultata ispitivanja izvršen je izbor mešavina za četvrtu seriju.

Ispitivanja mešavina ugljeva iz rudnika Zenica i Banovići sa ugljem iz rudnika Resavica u odnosu 2 : 1 su pokazala da ispitivani kotao ne može da dâ termičke i ekonomski bolje rezultate od onih, koji su dobijeni kod 100% korišćenja ugljeva iz rudnika Banovići i Zenica.

Rezultati ispitivanja mešavine kod koje je udeo Resavice izneo 75%, a Vrdnika 25%, ukazuju na termičku neopravdanost upotrebe uglja iz rudnika Vrdnik u kotlovnim postrojenjima sa ispitivanom lančanom rešetkom.

Međutim, mišljenja smo, da se može podesiti sistem lančane rešetke i dovod vazduha tako da se obezbede potrebni uslovi za sagorevanje uglja iz rudnika Vrdnik.

Ispitivanje ugljeva iz rudnika Aleksinac, Vrdnik, Banovići i Zenica u kotlu sa pneumomehaničkim ubacivačem i ravnom rešetkom

U III fazi izvršeno je 16 industrijskih ispitivanja na kutnocevnom kotlu preduzeća „Termoelektr”, kapaciteta 6,4/8 Mp/h, sa dva PMU ubacivača, ekransanim ložištem i ravnom rešetkom, pritiska 13 kp/cm². Ispitivanja su izvršena sa ugljevima iz rudnika:

Aleksinac, Vrdnik,
Banovići i Zenica.

Rezultati ispitivanja su dati u tablici 6.

Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Vrdnik. — Pošto će uticaj ubacivanja pare kroz rešetku u ložištu na šljakovanje uglja iz rudnika Vrdnik biti posebno razmatran, diskutovaćemo samo rezultate ostalih ispitivanja sa ugljem iz rudnika Vrdnik.

Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Vrdnik (100%) su pokazala da nije moguća upotreba istog za normalno forsiranje ispitivanog kotla.

Za vreme ispitivanja sa ugljem iz rudnika Vrdnik, šljaka je bila testasta i zapicala je u velikim komadima. Iz ovih razloga čišćenje je bilo veoma otežano, te je dolazilo do značajnog poremećaja u proizvodnji pare i velikog pada pritiska.

Ispitivanje mešavine sa ugljevima iz rudnika Vrdnik i Resavica su pokazala da mešavina 50% : 50% daje vrlo mali efekat.

Povećanjem udela Resavice na 66,6% i sa 66,6% Kaknja, uklonjen je najveći deo negativnosti uglja iz rudnika Vrdnik.

Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Aleksinac. — Sa ugljem iz rudnika Aleksinac nisu ispitivane mešavine sa 33,3% uglja iz rudnika Aleksinac i 66,6% uglja iz rudnika Kaknja, odnosno Resavica, jer su mešavine 1 : 1 dale sasvim zadovoljavajuće rezultate kako u pogledu vatre, sagorevanja i kvaliteta šljake, tako i svih eksplotacionih karakteristika ispitivanog kotla.

Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Aleksinac (100%) se nalaze u donjim granicama zadovoljavajućih rezultata. Kvalitet sagorevanja i potrebna manipulacija sa vatrom su takvi da ne može da se preporuči stalni rad sa ovim ugljem.

Industrijska ispitivanja — kotač „Babcock-Wilcox“ i kotač „Škoda“

Tablica 4

Gorivo	Odnos	Vлага	Pepeo	Sag. mat.	C	H	Hu	t. pol. lop.	Q	P	t _p	t. izlaz gasova	t. ložišta levo	t. ložišta desno	Vlažnost vazduha	Granulacija šljake									
		%	%	%	%	%	kcal/kp	°C	Mp/h	kp/cm ²	°C	°C	°C	°C	%	+ 50 mm	50-30 mm	30-16 mm	- 16 mm	U ₁	U ₃	U ₅	U ₆	η _k	
<i>Lančana rešetka — kotač „Babcock-Wilcox“</i>																									
1 Aleksinac	100%	21,40	12,93	65,67	47,07	4,49	4,480	1.315	13,52	13,8	347	371	1.198	1,74	0,2	41,0	24,8	34,0	1,90	0,0	23,55	9,33	64,76		
2 Aleksinac	100%	22,90	12,72	64,38	46,04	3,48	4,360	1.315	11,64	13,6	356	350	1.182	1,71	2,0	39,4	18,3	40,3	1,69	0,0	24,27	6,97	66,81		
3 Aleksinac : Breza	1 : 1	22,30	14,47	63,23	46,10	3,36	4,306	1.210	12,17	13,7	353	351	1,164	1,77	1,83	38,9	19,1	38,0	1,56	0,0	22,84	9,82	68,44		
4 Aleksinac : Breza	3 : 1	22,90	14,83	62,27	45,24	3,35	4,216	1.240	11,74	13,7	345	347	1,085	1,136	1,85	34,8	19,5	45,7	1,79	0,0	23,49	4,37	69,83		
5 Aleksinac : Resava	3 : 1	23,40	17,49	59,11	42,23	3,06	3,927	1,300	11,52	13,6	343	335	1,094	1,132	1,88	30,75	20,75	11,34	37,16	3,10	0,0	21,52	6,46	68,19	
6 Aleksinac : Soko	3 : 1	22,80	15,49	61,71	43,77	3,36	4,073	1,290	11,86	13,6	340	350	1,131	1,158	1,98	29,56	22,40	11,08	36,96	3,02	0,0	24,45	9,89	62,20	

Lančana rešetka — kotač „Škoda“

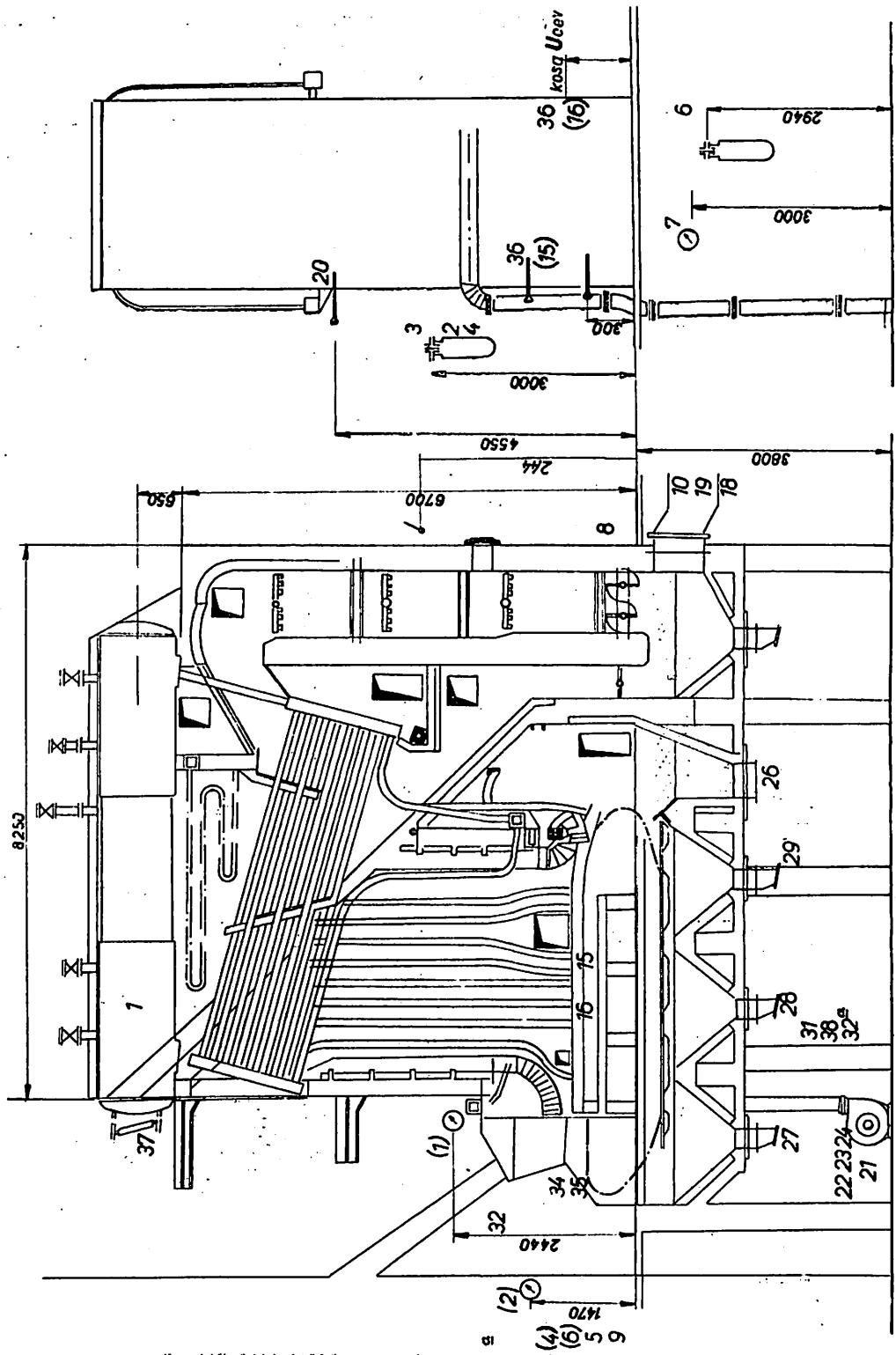
Gorivo	Odnos	Vлага	Pepeo	Sag. mat.	C	H	Hu	t. pol. lop.	Q	P	t _p	t. izlaz gasova	t. ložišta levo	t. ložišta desno	Vlažnost vazduha	Granulacija šljake								
		%	%	%	%	%	kcal/kp	°C	Mp/h	kp/cm ²	°C	°C	°C	°C	%	+ 50 mm	50-30 mm	30-16 mm	- 16 mm	U ₁	U ₃	U ₅	U ₆	η _k
1 Aleksinac	100%	21,80	10,91	67,29	48,13	3,63	4,579	1,320	10,28	15,1	379	290	1.326	—	2,00	39,9	15,4	14,1	30,6	4,13	0,0	18,25	6,78	65,92
2 Aleksinac : Breza	3 : 1	22,90	13,39	63,71	46,27	3,44	4,323	1,240	10,13	15,4	383	285	1.333	—	1,95	35,4	16,8	13,6	34,2	2,81	0,0	18,10	6,08	68,71
3 Aleksinac : Breza	1 : 1	22,70	14,67	62,63	46,66	3,43	4,282	1,210	10,33	15,8	376	285	1.332	—	1,95	32,6	16,2	14,6	36,6	2,40	0,0	18,45	4,16	71,03

Industrijska ispitivanja — kotač preduzeća „Duro Daković“

Gorivo	Odnos	Vлага	Pepeo	Sag. mat.	C	H	S ₃	O ₂	N ₂	Hu	t. pol. lop.	P. aps. gpare	t. izlaz gasova	t. ložišta levo	t. ložišta desno	Vlažnost vazduha	Granulacija šljake								
		%	%	%	%	%	%	%	%	kcal/kp	°C	kp/cm ²	°C	°C	°C	%	+ 50 mm	50-30 mm	30-16 mm	- 16 mm	U ₁	U ₃	U ₅	U ₆	η _k
1 Banovići	100%	19,70	16,99	63,31	47,58	3,56	0,9	10,24	1,03	4,207	1,080	1,280	8,16	295	4,24	2,15	2,76	1,29	3,11	19,52	4,6	68,89			
2 Zenica	100%	19,10	17,36	62,54	46,33	3,56	3,0	9,59	1,05	4,218	1,160	1,250	7,72	278	4,30	2,08	2,44	2,94	1,93	17,20	4,5	70,20			
3 Vrdnik	100%	19,70	21,54	50,76	43,42	3,49	0,4	10,43	1,02	4,000	1,110	1,340	7,28	270	2,37	1,079	1,200	2,10	2,85	14,87	20,93	4,24	32,78		
4 Zenica : Breza	1 : 1	18,40	20,61	60,99	44,61	3,51	2,6	7,80	2,47	4,000	1,220	1,290	8,77	298	4,14	1,041	1,106	248	1,99	6,52	3,04	2,46	18,08	4,7	64,25
5 Banovici : Breza	1 : 1	20,80	19,45	59,75	43,76	3,46	1,5	9,42	1,61	3,985	1,160	1,310	8,05	295	3,70	1,044	1,087	250	2,22	9,76	4,81	1,79	19,22	5,3	58,19
6 Vrdnik : Breza	1 : 1	17,80	22,33	59,87	43,80	3,60	1,3	10,13	1,03	3,989	1,180	1,310	7,78	235	3,55	1,310	1,310	1,285	19,10	18,82	4,33	15,21	8,5	33,05	
7 Zenica : Resavica	1 : 1	20,50	19,86	59,64	43,18	3,66	2,05	9,63	1,12	3,740	1,140	1,340	8,15	295	4,41	1,038	1,061	250	1,85	10,47	4,09	2,81	17,09	4,3	60,24
8 Banovici : Resavica	1 : 1	23,90	18,60	57,50	42,01	3,48	1,06	9,90	1,05	3,657	1,180	1,350	7,14	285	3,86	1,010	1,050	220	2,17	5,46	3,49	4,17	17,43	5,0	65,52
9 Vrdnik : Resavica	1 : 1	23,70	19,95	56,35	41,10	3,20	0,90	10,20	1,10	3,528	1,180	1,340	6,28	275	3,36	964	1,043	222	2,17	5,34	3,03	2,38	22,49	6,6	59,17
10 Vrdnik : Resavica	1 : 3	22,50	22,92	54,58	41,71	3,27	0,90	10,57	1,16	3,353	1,200	1,370	7,08	275	3,75	969	1,000	225	2,22	5,32	3,58	2,12	18,56	5,2	64,11
11 Zenica : Resavica	2 : 1	19,40	19,49	61,11	44,71	3,44	2,04	9,82	1,10	3,961	1,170	1,280	7,28	295	4,25	1,014	1,063	252	1,82	2,49	3,40	1,26	16,96	4,6	70,41
12 Zenica : Resavica	2 : 1	21,90	17,82	60,28	44,43	3,67	1,05	10,13	1,00	3,882	1,130	1,310	8,08	295	4,48	997	1,110	257	1,76	3,00	3,56	1,05	16,92	4,4	70,23

Industrijska ispitivanja — kotač preduzeća „Duro Daković“

Gorivo	Odnos	Vлага	Pepeo	Sag. mat.	C	H	Hu	t. pol. lop.	P. aps. gpare	Q	t. izlaz gasova	t. ložišta vratna	t. ložišta str.	t. izlaz str.	Vlažnost vazduha	Granulacija šljake		
		%	%	%	%	%	kcal/kp	°C	kp/cm²	Mp/h	°C	°C	°C	°C	%	+ 50 mm	50-30 mm	30



SI. 1 — Kotao "Termoeletro" 6.4/8.0 Mp/h, 13 kp/cm.
Fig. 1 — Chaudière "Termoeletro" 6.4/8.0 Mp/h, 13 kp/cm².

Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Banovići. — Na osnovu dobijenih rezultata ispitivanja zaključeno je da kod 100% korišćenja uglja iz rudnika Banovići ne može da se obezbedi ni normalno forsiranje kotla, ni stalni parametri rada kotla kao i da je stepen korišćenja kotla sasvim nezadovoljavajući ($\eta_k = 62,82\%$).

Mešavina ugljeva Banovići : Resavica u odnosu 1 : 1 je dala znatno bolje, ali ne i zadržavajuće rezultate.

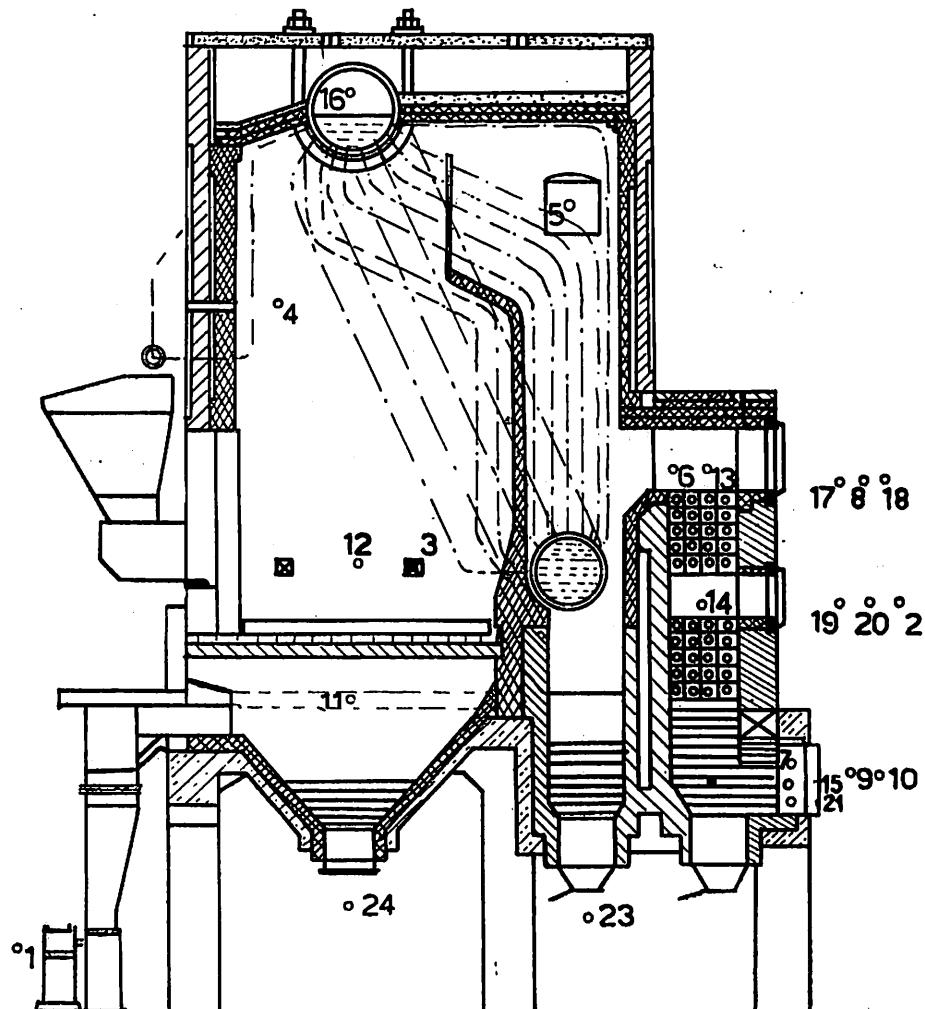
Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Zenica. — Ispitivanja sa ugljem iz rudnika Zenica su dala optimalne rezultate, te je zaključeno da ovaj ugalj u ložištima

ma sa pneumomehaničkim ubacivačem daje optimalne uslove sagorevanja i ne stvara nikakve teškoće kod primene uglja iz rudnika Zenica.

Analizom stepena korišćenja u gorivu raspoložive energije, zaključeno je da su optimalne vrednosti dobijene kod upotrebe Zenice — 100% ($\eta_k = 75,93$).

Gubitak topote usled nesagorelih materijala u šljaci i pepelu, kod upotrebe Zenice (100%), je minimalan i iznosi 3,99%.

Kod primene mešavine ugljeva iz rudnika Zenica : Resavica 1 : 1 ovaj se gubitak znatno povećava (6,53%).



Sl. 2 — Kotao KM-01-576 „Đuro Đaković“ 5/6 Mp/h; 13 kp/cm².

Fig. 2 — Chaudière KM-01-576 „Đuro Đaković“ 5/6 Mp/h; 350° C, 13 Kp/cm².

Industrijska ispitivanja efekta uduvavanja pare ispod rešetke u ložište sa pneumomehaničkim ubacivačem

Kod ispitivanja efekta uduvavanja pare ispod rešetke optimalni rezultati su dobijeni ubacivanjem oko 3,87% od proizvedene pare 183 kp/h (tab. 6). Ova ispitivanja pokazuju:

— da se stepen korisnosti kotla kod ovog ispitivanja približio za ovaj kotač normalno očekivanom stepenu;

— stvarni stepen korisnosti je za 6,84% veći od stepena korisnosti kod ispitivanja bez uduvavanja pare. Ako se uzme u obzir da je količina uduvane pare 3,87%, redukovani stepen korisnosti kotla, s obzirom na uduvanu paru, je veći za oko 3%. Kod ovog ispitivanja i pri uslovima za vreme ispitivanja ekonomski je potpuno opravdano uduvavanje pare;

— stepen korisnosti bi se mogao još povećati na račun gubitaka u toplim gasovima;

— kod optimalnog ispitivanja upotrebljavan je sekundarni vazduh. Gubitak usled hemijski nepotpunog sagorevanja je minimalni.

Na osnovu sprovedenih pet ispitivanja sa istim ugljem na istom kotlu, bez i sa uduvavanjem pare u ložište kroz rešetku, mogu se izvesti sledeći opšti zaključci:

— osnovni cilj zbog čega su i preduzeta ispitivanja sa uduvavanjem pare — čišćenje vatre bez otvaranja vrata kotla i otvora sa strane, samo izvrtanjem rešetke (automatski) nije postignut;

— ispitivanjima se uspelo da se u velikoj meri smanji rad na čišćenju vatre (kako po

uloženom naporu tako i po trajanju), a s tim smanji negativni uticaj na normalan rad kotla;

— šljaka zapečena na rešetki nije bila u testastom stanju, lako se razbijala i vrlo lako odstranjivala iz ložišta. Šljaka na izlazu iz bunkera za šljaku bila je vrlo sitna (gotovo nije bilo komada iznad 30 mm) i vrlo lako drobljiva.

U narednim ispitivanjima ove vrste količina uduvavane pare za ovaj tip kotlova ne bi trebalo da prelazi 3,5% od ukupne količine proizvedene pare.

Ispitivanja treba nastaviti.

Zaključak

Ispitivani kvaliteti mrkog uglja iz rudnika Zenica ne stvaraju nikakve teškoće kod eksplotacije ispitivanih kotlova sa lančanom rešetkom i ispitivanog kotla sa PMU, niti kod korišćenja u gorivu raspoložive energije. Mišljenja smo, da nije opravdano gorivo iz rudnika Zenice voditi kao mrki ugalj koji predstavlja primer izrazito šljakujućeg goriva. Naprotiv, ispitivanja su pokazala da ugalj iz rudnika Zenice spada u ugljeve dobrog kvaliteta i bez izrazitih kvalitetnih nedostataka.

Od svih ispitivanih mrkih ugljeva najveće teškoće zbog šljakovanja stvara mrki ugalj iz rudnika Vrdnik. Njegova eksplotacija zahteva i odgovarajuće tehničke uslove.

Ispitivani kvalitet mrkih ugljeva iz rudnika Banovići i Aleksinac zahtevaju opreznost u eksplotaciji i odgovarajuće uslove (mešavine ili niske temperature u ložištu).

RESUME

L'influence de la cendre à température basse de la fusion sur le procès de la combustion des charbons dans les foyers des chaudières et le choix des mélanges correspondants.

Dipl. ing. Lj. Novaković — dipl. ing. M. Antić — dipl. ing. M. Vesović*)

Les qualités examinées du charbon brun de la mine Zenica ne font aucune difficulté ni pendant l'exploitation des chaudières examinées avec grille à chaîne et la chaudière à injecteur pneumatique-mécanique, ni pendant l'utilisation dans le combustible de l'énergie disponible. Nous sommes d'avis qu'il n'est pas justifiable que le combu-

*) Dipl. ing. Ljubomir Novaković, upravnik Zavoda za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd

Dipl. ing. Milan Antić i dipl. ing. Milan Vesović, saradnici Zavoda za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd.

stible de la mine Zenica soit considéré comme le charbon brun qui sert d'exemple d'un expressif combustible scorifère. Au contraire, les recherches ont démontré que le charbon de la mine Zenica se trouve dans le rang des charbons de bonne qualité et sans expressifs défauts de qualité.

De tous les charbons bruns examinés, le charbon brun de la mine Vrdnik fait de plus grandes difficultés à cause de la scorification élevée. L'exploitation de ce charbon exige aussi des conditions techniques correspondantes.

Les qualités du charbon brun examinées de la mine Banovići et Aleksinac exigent une mesure de précaution dans l'exploitation et des conditions correspondantes (des mélanges ou des températures basses dans le foyer).

Literatura

- Gunn, D. C., 1951: The British coal utilisation research Association. — Information cir-kular No. 50.
- Gadileeva, E. A., 1947: Lepljivost kotlovsikh šljaka (prevod). — Izvestija VTI, No. 4.
- Heinrich, K., 1948: Vereinigung der Grosskes-selbesitzer. — Düsseldorf.

Kibernetika i rudarstvo

Prof. ing. Vasilije Pavlović

Uvod

Podzemni radovi u rudnicima uvek su smatrani najtežim za zaposlene radnike, naročito zbog teških uslova pod kojima se ovi radovi izvode. Da bi se olakšao i smanjio fizički napor čoveka, postepeno se uvode u jamu razni alati i mašine. Isti su se vremenom usavršavali i postepeno preuzimali sve teže radove. Još i danas ostaju izvesne vrste radova u jami koji se mogu obavljati samo fizičkim radom čoveka.

Uvođenjem mehaničkog alata i mašina u rudnike omogućeno je povećanje proizvodnje i proizvodnosti rada, smanjeni su proizvodni troškovi i omogućena je ekonomičnija eksploatacija dubokih i siromašnih ležišta rude i uglja.

Dok je mehanizacija oslobođila rudare mnogih teških radova, uvođenje automatizacije pobjoljšalo je sigurnost, kontrolu i pravilnost rada, bez zastoja.

Prirodni uslovi izvesnih ležišta ne dopuštaju primenu punе mehanizacije i automatizacije, ali ipak postoje kod velikih i pravilnih ležišta dobri uslovi za uvođenje mehanizovanog rada u zavisnosti, razume se, od visine godišnje proizvodnje i mogućnosti smanjenja amortizacionih troškova.

Cilj je ovom izlaganju istraživanje mogućnosti primene kibernetičkih metoda rešavanja rudarskih problema kod studija i projektovanja rudarskih objekata, naročito kod

organizacije jamske eksploatacije, koja predstavlja uvek najkompleksniji problem.

Kao što je poznato, u oblast kibernetike ulaze sledeće naučne oblasti:

- teorija automatskog upravljanja i kontrole,
- teorija informacija i
- teorija izvršenja logičnih operacija pomoću mašina.

Kibernetika je već prodrla u rudarstvo kod automatskog upravljanja i kontrole radnih mašina i mehaničkog alata i o tome postoji već bogata tehnička literatura. Međutim, o primeni teorije informacije i teorije izvršenja logičnih operacija pomoću mašina, kod rešavanja problema rudarske tehnike, zasad ne postoji skoro nikakva literatura.

Ovom studijom želim da ukažem put za mogućnost primene ovih novih disciplina i u rešavanju problema rudarske tehnike.

Primena automatizacije kod jamske eksploatacije

Termin automatizacija se već odomačio u praksi. U stvari, ovaj termin podrazumeva dva pojma: automatizaciju i automaciju. Prvi pojam ili izraz *automatizacija* znači automatsko upravljanje i kontrola mašina, koje vrši čovek obično sa jednog komandnog pulta i na odstojanju. Izraz *automacija*, pak, znači automatsko upravljanje i kontrolu rada mašina pomoću drugih mašina ili mehanizama i

aparata (refleksni mehanizmi), ali bez učešća čoveka. Za nas će i dalje termin automatizacija podrazumevati oba ova pojma.

Kod prostranih i moćnih ležišta rude ili uglja velike proizvodnje i proizvodnosti rada se mogu postići samo primenom najsvremenije mehanizacije i automatizacije.

Danas se na otkopima primenjuju kompleksni agregati (automatski upravljeni) za dobijanje, utovar i otpremu proizvoda, mehaničko postavljanje i premeštanje agregata sa podgradom, sa napredovanjem čela. Napredovanje čela se automatski reguliše prema tvrdoći stena i da bi se izbeglo preopterećenje motora kod tvrdih stena. Sam agregat poseduje razne električne aparate koji služe za održavanje datog pravca i padnog ugla, a kod moćnih slojeva postoje aparati koji automatski regulišu održavanje zadatog odstojanja agregata od povlata, kako bi se doble pravilne tranše čak i kod talasastih naslaga.

Na važnim tačkama u jami, gde se vrši utovar, pretovar ili istovar proizvoda, primenjuju se više ili manje automatski mehanizmi za sve manevre na tim tačkama.

Kod velikih rudnika i glavnog jamskog transporta lokomotiva postoje skretnice sa automatskim upravljanjem i blok signali za signalizaciju. Kod glavnog transporta trakama, postoje aparati za stavljanje u pogon i zaustavljanje traka na odstojanju i to sa jednog komandnog pulta sa pritisnim dugmadićima. Sa ovog pulta se vrši i kontrola pravilnog funkcionisanja traka, a u slučaju kvara, prekida ili ispadanja trake, postoji automatsko zaustavljanje motora.

Grabuljasti transporteri imaju električne uređaje na elektro-magnetskom principu i to za kontrolu kretanja lanca i automatskog zaustavljanja motora u slučaju kvara lanca.

Postoje izvozna postrojenja, naročito kod primene skipova, sa potpunim automatskim izvozom i manevrivanjem na navozištima. Mašinista automatski pušta mašinu u rad, a njegovo prisustvo kod upravljanja nije više potrebno: skipovi se sami punе, prazne, pokreću i zaustavljaju bez ikakvog učešća mašiniste ili manevriste. Mašinista samo kontroliše pravilan rad mehanizama i na kraju smene zaustavlja mašinu.

Mogućnost primene kibernetskih metoda kod studije problema glavne otpreme proizvoda

Teškoća za primenu kibernetskih metoda kod studije projektovanja rudarskih objekata se sastoji u prisustvu velikog broja neodređenih ili bolje reći proizvoljno izabranih komponenata (veličine opreme, vrste, preseci jamskih prostorija, dispozicije, brzine kretanja itd.). Ovako proizvoljno izabrane komponente daju veliki broj mogućih rešenja među kojima je nekad teško naći najpovoljnije tehničko-ekonomsko rešenje. Potrebno je uskladiti te razne komponente ili faktore i dovesti ih u jednu logičnu meduzavisnost, što drugim rečima znači, fiksirati ili eliminisati te neodređene komponente.

Na primeru glavne otpreme, izložiće se sopstvena metoda autora za usklajivanje svih tih proizvoljnih komponenata izbora najboljih dispozicija i veličina instalacija i opreme, a sve u zavisnosti od uslova eksploatacije. Ovom metodom usklajivanja veličina i vrsta može se postići uprošćenje ili bolje rečeno „standardizovanje“ i „tipiziranje“ problema projektovanja i proračuna i iznalaženje mogućnosti rešenja problema kibernetiskim metodama.

Potrebne investicije za izradu glavne otpreme proizvoda u rudnicima, podrazumevajući tu i odgovarajuće jamske prostorije (glavni izvozni hodnici, okna, navozišta-odvozišta itd.), pretovarno-utovarne stanice itd., su najveće kod ukupnih jamskih investicija, naročito kod eksploatacije dubokih naslaga. Vrsta i veličina opreme i mašina za otpremu proizvoda utiču na veličinu pa čak i vrstu jamskih prostorija, pa je pravilan izbor odgovarajućih sistema vrlo važan faktor ekonomike eksploatacije.

Problem pravilne organizacije glavne otpreme proizvoda na rudnicima je veoma važan za povećanje proizvodnje i proizvodnosti rada, kako kod otvaranja novih tako i kod rekonstrukcije postojećih rudnika.

Organizacija glavnog transporta

O organizaciji glavnog transporta lokomotivama bilo je reči u već objavljenim člancima autora: „Klasifikacija kompozicija vozova njihovi kapaciteti transporta i mogućnost tipizacije navozišta kod izvoza koševima“

i: „Metoda podele ležišta na otkopna polja i izbor transportnih i izvoznih sredstava u podzemnoj eksploataciji”.

Glavni princip metode uskladivanja veličina sastoji se ovde u izboru veličina vagoneta i njima odgovarajućih lokomotiva, držeći se pravila da male lokomotive vuku male vagonete. Transportne putanje se moraju regulisati za izjednačen transport, pa će, prema broju veličina lokomotiva, biti isti toliki broj kompozicija vozova. Ako se proizvodi podele, na primer, na teške i luke, onda će se i kompozicije vozova menjati.

Pod pretpostavkom istih indiciranih brzina, kod svih veličina lokomotiva (ova karakteristika lokomotive treba da je određena konstrukcijom lokomotive odnosno standardom) kao i da je trajanje manevra na krajnjim stanicama isto kod svih kompozicija i dužina putanja, onda se lako mogu izračunati vremena trajanja 1 vožnje tamo i amo sa manevrima, kod svake dužine putanje.

Radi štednje na izradi hodnika pretpostavlja se organizacija transporta sa 2 kompozicije sa 1 mimoilaznicom ili sa 3 ili 4 lokomotive i sa 2 mimoilaznice.

Za jugoslovenske standardne vagonete i lokomotive date su ranije količine prevezenih proizvoda u 1 smeni.

Ako su date, na primer, (m) veličine kompozicija vozova, (n) dužina transportnih putanja, onda će se tabično predstaviti količine prevezenih proizvoda sa 2 po 2 kompozicije u radu, i to:

$Q_1, Q_2 \dots Q_m$ — korisni tereti odgovarajućih kompozicija za jednu vrstu proizvoda

$L_1, L_2 \dots L_n$ — dužine transportnih putanja

$n_1, n_2 \dots n_n$ — broj vožnji dveju lokomotiva u jednoj smeni tamo i amo.

Količine prevezenih proizvoda u 1 smeni simbolički su predstavljene u tablici 1.

Kod primene 3 kompozicije ove se količine povećavaju sa 50% odnosno kod 4 kompozicije sa 100%.

Za svaku vrstu proizvoda (teški, laki) potrebna je odgovarajuća tablica, jer kompozicije vozova se menjaju, ako lokomotive

rade uvek pod normalnim (indiciranim) opterećenjem.

Tablica 1

Količine prevezenih proizvoda u 1 smeni sa 2 kompozicije vozova.

		Q
L	$n_1 \cdot Q_1; n_1 \cdot Q_2 \dots n_1 \cdot Q_m$	
ili n	$n_2 \cdot Q_1; n_2 \cdot Q_2 \dots n_2 \cdot Q_m$	
	\dots	
	$n_n \cdot Q_1; n_n \cdot Q_2 \dots n_n \cdot Q_m$	

Broj varijacija preseka hodnika, kao i veličinu navozišta i dispozicija određuje veličina lokomotiva.

Na osnovu ovog principa lako se može izvršiti uskladivanje veličina kod makakvih kompozicija.

Pomoću tablice 1, a na osnovu zadatog kapaciteta transporta, određuju se odgovarajuće kompozicije vozova, odakle proističu odgovarajuće veličine hodnika, navozišta itd.

Kod organizacije transporta trakama ovaj problem je još jednostavniji.

Količine prevezenih proizvoda u 1 smeni su proporcionalne sa širinom trake, jer su brzine transporta iste kod svih traka.

U tablici 1, za svaki zadati slučaj (smenska proizvodnja i dužina putanje) nađe se najbliža vrednost dužine putanje i u tom redu nađe najbliža vrednost zadate proizvodnje. Ovim se određuju indeksi (m) i (n). Ovi indeksi mogu poslužiti kao „ulaz“ kibernetiske mašine (transduktor), koja na „izlazu“ daje: karakteristiku voza, šina i pragova, količine i cene; presek hodnika i cene izrade prema tipu podgrade; tip i dispoziciju navozišta i cenu izrade; broj zaposlenog ljudstva i iznos njihovih zarada. Kao parametar transduktora služe specifične težine proizvoda, stepenasto predstavljene. U kartoteci treba imati rešenja svih mogućih varijanti, sa izrađenim projektima, proračunima, cenama, brojem ljudstva i zarada itd., sve obeleženo odgovarajućim oznakama, tako da mašina izbací samo oznake, dok se u kartoteci nalaze odgovarajuća rešenja. Mašina transduktor daje na „izlazu“ rešenja koja se mogu nazvati „tipska“ ili „standardna“.

Organizacija izvoza

Kao što se zna, izvoz se može u oknu organizovati koševima ili skipovima. Da bi se i ovde mogao primeniti princip usklađivanja veličina i vrsta, u zavisnosti od kapaciteta izvoza, eliminisanjem ili fiksiranjem nedređenih komponenata, mora se odrediti brzina vožnje sa dubinom okna. Praktično nije moguće usvojiti linearni odnos između brzine i dubine, jer bi se na velikim dubinama dobile nemoguće vrednosti brzina, a dijagrami vožnje ne bi mogli biti realni. Prema tome, treba usvojiti neki drugi odnos. U članku „Princip klasifikacije izvoznih postrojenja za duboka okna“ detaljno je izložena jedna metoda određivanja odnosa brzine i dubine okna, a prema principu da brzina mora rasti sa dubinom, i u skladu sa propisima za najveću brzinu vožnje.

Visina izvoza se može podeliti, na primer, u (n) stepena ili stupnja, kao: 200—400 m; 400—600 m itd. Svakom stepenu visine treba odrediti odgovarajuću najpovoljniju kinematiku (dijagram vožnje), vodeći računa o kapacitetu i ekonomičnosti izvoza, kao i o sigurnosti. Na ovaj način dobiće se broj dijagrama vožnje u zavisnosti od stepena visine izvoza. Kako svaki stepen predstavlja, u stvari, određeni interval visine, to će dijagram svakog datog intervala biti nešto kraći kod donje, a duži kod gornje granice intervala.

Broj vožnji u 1-smeni približno je isti za dati interval (obračun je prema gornjoj granici intervala). Sa tako uređenim kinematikama, količine izvezenih proizvoda u 1 smeni biće proporcionalne sa veličinom izvoznih sudova.

Ako se usvoji (m) kao broj stepena veličine suda, a (s) broj stepena vrsta (spec. težine) proizvoda za izvoz, onda će broj varijacija količina prevezениh proizvoda u 1 smeni (Q_{cm}) biti:

$$Q_{cm} = n \cdot m \cdot s$$

Ako su:

$Q_1; Q_2; \dots; Q_m$ — korisni tereti sudova

$H_1; H_2; \dots; H_n$ — visine izvoza

$n_1; n_2; \dots; n_n$ — broj vožnji u 1 smeni

onda se u tablici 2 mogu simbolično predstaviti količine izvezenih proizvoda, za razne veličine sudova i visine izvoza.

Svakoj visini izvoza odgovara (m) varijacija izvezenih količina proizvoda. Za svaku vrstu proizvoda biće (m, n) varijacija, odnosno ukupno (m, n, s) varijacija za sve visine i vrste proizvoda.

Tablica 2

Količina izvezenih proizvoda u 1 smeni za razne veličine sudova i visine izvoza

Q
$n_1 \cdot Q_1; n_1 \cdot Q_2; \dots; n_1 \cdot Q_m$
$n_2 \cdot Q_1; n_2 \cdot Q_2; \dots; n_2 \cdot Q_m$
\dots
$n_n \cdot Q_1; n_n \cdot Q_2; \dots; n_n \cdot Q_m$

Ovako stepenovanim vrednostima raznih veličina odgovaraće (m) raznih preseka okna i položaja sudova u oknu, za sve visine izvoza i vrste proizvoda.

Dimenzija i snaga izvozne mašine zavisi, uglavnom, od veličine korisnog tereta 1 vožnje i brzine. Da bi se smanjio broj varijacija izvoznih mašina, s obzirom na konstrukciju, može se za svaka 2 stepena visine izvoza usvojiti ista veličina i snaga mašine, razume se, prema veličini odgovarajućeg korisnog tereta. Na ovaj način bi se smanjio broj varijacija izvoznih mašina na polovinu, što bi znatno olakšalo konstrukciju. U ovom slučaju bi mašine bile, u blizini donje granice ovako proširenog intervala, nešto predimenzionisane.

Slično kao i kod glavnog transporta u prethodnom deljku, za ma koju smensku proizvodnju i dubinu okna, nađu se najpričinije vrednosti u tablici 2, odrede indeksi (m) i (n), dok je indeks (s) zadat. Ovi indeksi služe kao „ulaz“ kibernetske mašine, koja na „izlazu“ daje karakteristiku sudova, položaj njihov u oknu i presek okna; karakteristiku

izvoznog postrojenja; nabavnu cenu opreme i mašina sa instalacijama; koštanje izrade okna, navozišta itd.; broj zaposlenog ljudstva i njihov iznos plata i nadnica itd. Kao parametar mašine i ovde je indeks (s). spec. težina proizvoda.

Da bi se ovim putem mogli rešavati svи problemi izbora, projektovanja i proračuna svih transportnih i izvoznih sredstava u jami, sa odgovarajućim instalacijama i jamskih prostorija, potrebno je odrediti karakteristiku transduktora, da može dati sva kombinovana rešenja za postavljene uslove, te iz kojih se može mehaničkim putem vršiti izbor najpovoljnije varijante.

Iz dosadašnjeg se izlaganja vidi, da bi trebalo imati 2 transduktora, gde bi „izlaz“ prvog služio kao „ulaz“ drugog transduktora.

Kibernetiske mašine ovde služe, da se pomoću njih mogu istraživati najpovoljnija rešenja i kombinacije, koje zadovoljavaju tehničko-ekonomske uslove.

Da bi se mogle primeniti ove „inteligentne“ mašine pri studiji i izradi projekata novih rudarskih objekata, potrebno je, kao što je na početku spomenuto, neodređenim faktorima ili komponentama dati određene stepenaste vrednosti („diskretne“ vrednosti nasuprot kontinualnim) i koje se menjaju pod uticajem drugih određenih faktora.

Treba izvršiti koordinaciju transportnog i izvoznog sistema jedne jame, usvajanjem samo logične kombinacije. To znači, da treba zavesti kod transduktora izvesna ograničenja („contraintes“), kako bi on mogao birati samo logična rešenja, koja su i najracionalnija. Nije, na primer, logično kombinovati glavni transport u jami trakama sa izvozom koševima i sl.

Iz ovog izlaganja se vidi koliko je važno u rudarstvu izvršiti normalizaciju, tipizaciju i standardizaciju, bez obzira da li se izrada projekata i proračuna novih objekata vrši po običnim klasičnim metodama ili kibernetiski.

RESUME

Cybernetique et mines

V. Pavlović, ingénieur Civil des Mines*)

On recherche les meilleurs arrangements, les dispositions et les grandeurs à donner aux installations et équipements pour les différentes conditions d'exploitation, afin de simplifier, ou, pour mieux dire, pour „standardiser“ l'étude et l'élaboration des avants-projets des mines. La méthode proposée par l'auteur consiste dans l'élimination ou fixation de nombreuses composantes indéterminées et leur mise sous une forme convenable, afin de pouvoir les traiter dans les calculatrices. C'est la normalisation, typisation et la standardisation des installations et équipements, u compris les différentes galeries et puits, qui seules nous permettraient de pouvoir résoudre les différents problèmes miniers, par les moyens mécaniques.

*) Dipl. ing. Vasilije Pavlović, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu.

Literatura

Pavlović, V., 1960: Automatizacija u rudnicima i mogućnost izrade tehničkih i ekonomskih elaborata novih objekata pomoću računarskih mašina. — Zbornik Rud.-geol. fakulteta, br. 7, Beograd.

Pavlović, V., 1963: Klasifikacija kompozicija vozova, njihovi kapaciteti transporta i mogućnost tipizacije navozišta kod izvoza šećivima. — „Tehnika“ br. 11, Beograd.

Pavlović, V., 1964: Princip klasifikacije izvoznih postrojenja za duboka okna. — „Rudarski glasnik“ br. 3, Beograd.

Pavlović, V., 1963: Metoda podele ležišta na otkopna polja i izbor transportnih i izvoznih sredstava u podzemnoj eksploataciji. — „Rudarski glasnik“ br. 2, Beograd.

Pavlović, V., 1963: Princip klasifikacije transportnih traka kod glavnog jamskog transporta i određivanje tehničkih i konstruktivnih karakteristika traka. — „Rudarski glasnik“ br. 2, Beograd.



Teorija amalgamacije plemenitih metala

(sa 9 slika)

Dipl. ing. Konstantin Čukmasov

Uvod

Amalgam je legura koja se u suštini ne razlikuje od legura drugih metala. Rastvorljivost plemenitih metala u živi vrlo je neznatna, dok se živa rastvara u njima, stvarajući čvrste rastvore razne koncentracije. Zlato i platina grade sa živom po tri hemijska jedinjenja, a srebro samo dva. Sva hemijska jedinjenja lako se raspadaju pri temperaturi, koja je niža od temperature njihovogtopljenja, a stvaraju se sa veoma malim termičkim efektom. Proces amalgamacije obavlja se u dve faze: prva faza — kvašenje metala živom, druga faza — difuzija žive u metal.

Amalgamacija je metalurški proces, koji se primenjuje za dobijanje plemenitih metala iz ruda pomoću žive. Amalgamacija je jedan od najstarijih načina dobijanja zlata iz ruda, jer se primenjuje u praksi više od dve hiljade godina. Ali teorija amalgamacije razrađena je tek u toku poslednjih nekoliko decenija. Ranije se smatralo, a neki autori smatraju i danas, da proces amalgamacije bazira na rastvorljivosti zlata u živi. Međutim, ispitivanja Henry-a i Kazanceva su pokazala, da je rastvorljivost zlata u živi vrlo neznatna.

U tablici 1 prikazana je rastvorljivost zlata u živi pri raznim temperaturama, a prema ispitivanjima Kazanceva.*

Odavno je poznato da se iz industrijskog amalgama izdvaja suvišak žive filtriranjem kroz jelensku kožu pod pritiskom. Tom prilikom na filteru ostaje čvrsta odnosno plastična masa, koja se sastoji od zlata i žive, a u filtratu se nalazi suvišak žive, koja sadrži samo 0,1—0,2% zlata. Ako bi se amalgamacija sastojala u rastvaranju zlata u živi, bilo bi nemoguće pomoću filtriranja odvojiti zlato od suviška žive, jer bi čitavo zlato, zajedno sa živom, prošlo kroz filter.

Tablica 1

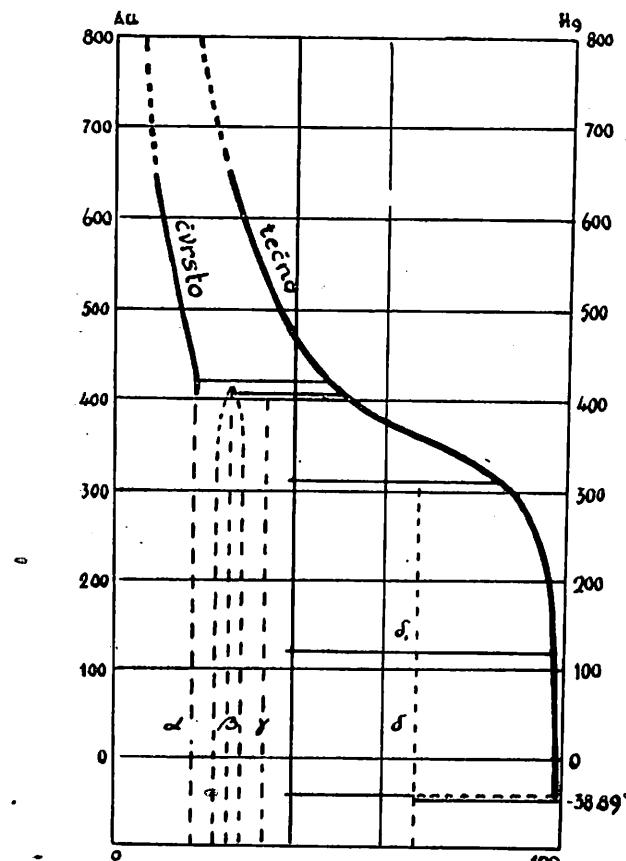
Temperatura °C	Rastvorljivost Au u Hg, %
0	0,110
20	0,126
100	0,650

Više naučnika se bavilo, naročito u toku poslednjih nekoliko decenija, proučavanjem amalgama. Na osnovu mnogobrojnih ispitivanja utvrđeno je da se amalgam u suštini ni po čemu ne razlikuje od legura drugih metala, sem što se jedna od komponenata (živa) nalazi u tečnom stanju na običnoj temperaturi. Zato amalgam koji sadrži slobodnu živu predstavlja polutečnu smesu.

*) „Bull. Soc. Chim.”, 1878, 30, 20; „Berichte”, 1878, 11, 1255.

I. N. Plaksin je, na osnovu termičke i mikrografičke analize, dao 1927. g. dijagram stanja sistema „zlato-živa”, koja je prikazana na sl. 1*).

Iz dijagrama na sl. 1 vidi se da živa stvara sa zlatom tri hemijska jedinjenja: AuHg_2 (faza δ), Au_2Hg (faza γ), Au_3Hg (faza β) i čvrsti rastvor žive u zlatu (faza α). Maksimalan sadržaj žive u čvrstom rastvoru je 16,7% (atomskih). Sva hemijska jedinjenja disociiraju niže temperature topljenja. Hemijsko jedinjenje AuHg_2 (faza δ) ima polimorfne



Sl. 1 — Dijagram sistema „zlato-živa”.

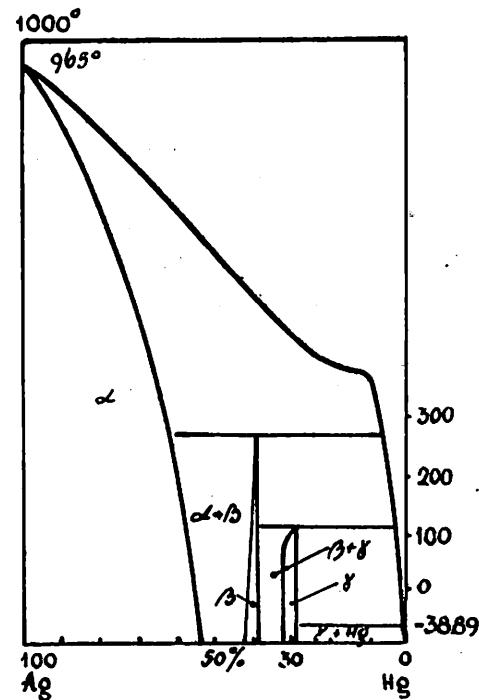
Fig. 1 — Diagramme du système "or-mercure".

promene pri 122°C i pri -36°C usled promene njegove kristalne rešetke. Ovo hemijsko jedinjenje postoji samo do 310°C . Iznad ove temperature ono se raspada i tom pri-

* I. N. Plaksin: Sistem zoloto — rtut; žurnal Rus. fiz. him. obšč., tom 61, 1929.

likom se stvara drugo hemijsko jedinjenje u sastavu Au_2Hg (faza γ) i tečna faza, koja predstavlja rastvor ovog hemijskog jedinjenja u živi. Pri temperaturi 402°C hemijsko jedinjenje Au_2Hg disocira stvarajući hemijsko jedinjenje Au_3Hg i tečnu fazu. Ovo hemijsko jedinjenje sa svojim komponentama stvara fazu β . Izučavanje mikroskopskih preparata amalgama zlata pokazalo je, da sadržina zlata u β -fazi varira od 72,5% (atomskih) do 78%. Pri temperaturi 420°C jedinjenje Au_3Hg disocira; tom prilikom stvara se čvrsti rastvor žive u zlatu (α -faza) i rastvor zlata u živi. Rastvor zlata u živi na običnoj temperaturi (10 – 30°C) sadrži 0,15–0,20% zlata.

Zbog vrlo slabe rastvorljivosti zlata u živi autektička tačka nalazi se blizu ordinate



Sl. 2 — Dijagram sistema „srebro-živa”.

Fig. 2 — Diagramme du système „argent-mercure”.

čiste žive, a autektička temperatura gotovo se poklapa sa temperaturom topljenja čiste žive ($-38,89^\circ\text{C}$). Iznad temperature 420°C ravnoteža sistema određuje se krivuljom rastvorljivosti zlata u živi (linija liquidus) i krivuljom čvrstog rastvora žive u zlatu (krivulja solidus). Krivulja rastvorljivosti (li-

quidus) do 310°C predstavlja rastvorljivost hemijskog jedinjenja AuHg_2 u živi, a iznad 310°C do 402°C rastvorljivost Au_2Hg u živi.

Na sl. 2 prikazan je dijagram sistema „srebro-živa” na osnovu radova Tammanna^a, Stassfurta i Murphya^{**}.

Srebro stvara sa živom dve faze promenljivog sastava i čvrsti rastvor žive u srebru. Faza γ sadrži 29—30% srebra. Prema ispitivanjima Tammana i Stassfurta, faza γ predstavlja hemijsko jedinjenje u sastavu Ag_3Hg_4 . Pri temperaturi 127°C faza γ disocira stvarajući fazu β i slobodnu živu. Faza β sadrži 40% srebra. Hemijski individuum koji odgovara fazi β disocira pri 276°C . Tom prilikom stvara se faza α , koja se sastoji od čvrstog rastvora žive u srebru i slobodne žive. Maksimalan sadržaj žive u čvrstom rastvoru je 55% (težinskih). Slobodna živa (u vidu rastvora srebra u živi veoma slabe koncentracije) ulazi u sastav heterogenih polutečnih amalgama koji sadrže od 0 do 29% srebra. Pri dodavanju žive srebru neprekidno se smanjuje temperatura početka stvrdnjavanja sve do temperature stvrdnjavanja žive ($-38,89^{\circ}\text{C}$).

Slika 3 prikazuje dijagram sistema „platina-živa” prema ispitivanjima I. N. Plaksina i N. A. Suvorovske.

Platina stvara sa živom tri hemijska jedinjenja: PtHg (faza δ), Pt_2Hg (faza γ), Pt_3Hg (faza β) i čvrsti rastvor žive u platini (faza α), koji sadrži 23% žive i 77% platine. Rastvorljivost platine u živi pri temperaturi 17°C vrlo je neznatna i sačinjava svega 0,02%. Rastvorljivost platine u živi povećava se sa povećanjem temperature:

pri $t = 172^{\circ}\text{C}$ rastvara se 1,2% (tež.)

pri $t = 200^{\circ}\text{C}$ rastvara se 1,7% (tež.)

Hemijsko jedinjenje PtHg (faza δ) disocira pri $t = 159^{\circ}\text{C}$. Pri ovom se stvara hemijsko jedinjenje Pt_2Hg (faza γ) i tečna faza. Jedinjenje Pt_2Hg raspada se pri $t = 236,5^{\circ}\text{C}$; tom prilikom stvara se hemijsko jedinjenje Pt_3Hg (faza β) i tečna faza. Ovo se jedinjenje raspada pri $t = 486,1^{\circ}\text{C}$, izdvaja se čvrsti rastvor žive u platini (faza α) i tečna faza.

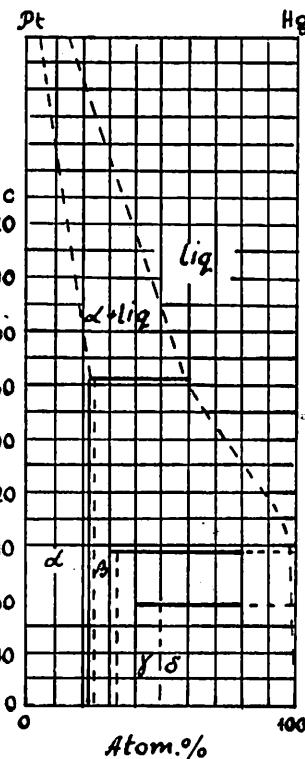
^a) Tammann u. Stassfurt, Zeitschr. f. anorg. Chemie, 143, 1925, 357.

^{**}) A. I. Murphy, Journ. of the Inst. of Metals, 46, 1921. No. 2, 507.

Amalgamacija zlata i njegovih legura

Slobodno zlato obično sadrži veću ili manju količinu srebra i bakra, a ponekad i neznatnu količinu gvožđa, platine i drugih metala (olovo, cink, antimon).

Dobijanje zlata iz ruda postupkom amalgamacije bazira na selektivnom kvašenju zlata životom na granici dve faze: čvrste (zlato) i dve tečne faze (živa i voda). Druge komponente rude ne kvase se životom. Ako namestimo na pločicu zlata kap žive, ona,



Sl. 3 — Dijagram sistema „platina-živa”.

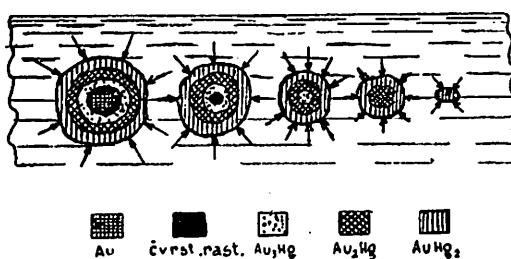
Fig. 3 — Diagramme du système „platine-mercure”.

prvo, menja svoj sferični oblik primajući oblik sočiva, a zatim se razliva po pločici. Kvašenje čestica zlata životom je prva faza stvaranja amalgama. Druga faza se sastoji u difuziji žive u metal i stvaranju čvrstih rastvora žive u zlatu i hemijskih jedinjenja.

U industrijskom amalgamu sadržaj zlata zavisi od veličine njegovih čestica. Kod relativno krupnih čestica difuzija žive, usled kratkotrajnosti kontakta, obavlja se samo u spoljnjem sloju čestica, dok unutar čestice

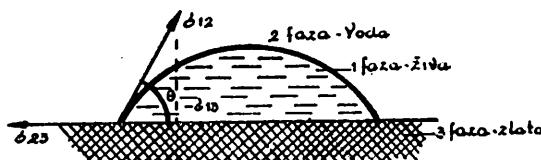
ostaje čist metal. Kod sitnijih čestica zlata, u toku istog vremena, difuzija žive obavlja se kompletnije, kao što je to šematski prikazano na sl. 4.

Prema tome, sadržaj zlata u industrijskom amalgamu je upravo srazmeran veličini njegovih čestica. Sadržaj zlata u amalgamu, posle odvajanja suviška žive filtriranjem pod pritiskom, varira od 20 do 25% kad se zlato u rudi nalazi u vidu vrlo sitnih čestica, jer se u ovom slučaju, prvo, amalgam sastoji od dimerkurida ($AuHg_2$), drugo, sitne čestice



Sl. 4 — Šema amalgamacije čestica zlata razne veličine.

Fig. 4 — Schéma d'amalgamation des particules d'or selon la grandeur.



Sl. 5 — Šema kvašenja zlata živom.

Fig. 5 — Schéma du mouillage de l'or avec le mercure.

zlata zadržavaju veću količinu žive nego krupne čestice iste težine. Pri amalgamaciji relativno krupnih čestica sadržaj zlata u amalgamu varira od 40 do 50%. Iz ovog se vidi, da je industrijski amalgam heterogeni dispersni sistem, koji se sastoji iz dveju faz: tečne faze, koja predstavlja suvišak žive sa vrlo malim sadržajem zlata (0,15—0,20%) i čvrste faze, koja je dispergovana u tečnoj. Čvrsta faza se sastoji od čestica zlata koje predstavljaju potpuno ili delimično hemijsko jedinjenje zlata sa živom i čvrsti rastvor žive u zlatu.

Uspešno iskorišćavanje zlata iz rude amalgamacijom zavisi od brzine i stepena kvaše-

nja čestica zlata živom, jer je u industrijskim uslovima kontakt zlata sa živom kratkotrajan. Čestice zlata, koje ne stignu da se nakvase živom za vreme prolaza pulpe kroz amalgamacionu aparaturu, odlaze u otpatke amalgamacije.

Stepen kvašenja zlata živom određuje se veličinom ugla kvašenja, to jest uglom između površine zlata i površine žive u tački njihovog dodira.

Kao što se vidi, što je manji ugao kvašenja, odnosno što je veća vrednost kosinusa ovog ugla, to se brže i potpunije obavlja proces kvašenja.

Kao što je poznato kosinus ugla kvašenja određuje se prema obrascu:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{23} - \sigma_{13}}{\sigma_{12}}$$

gde je

σ_{23} — površinski napon (slobodna površinska energija) na granici podele zlata i vode,

σ_{13} — isto na granici podele zlata i žive

σ_{12} — isto na granici podele žive i vode.

Ispitivanja su pokazala, da vrednost $\cos \theta$ zavisi od sledećih faktora: sastava metalnih faza tj. sastava plemenitih metala i žive; sastava treće faze, koja je u industrijskim uslovima vodena sredina; stanja površine čvrste i tečne metalne faze, temperature i potencijala metalnih faza.

U cilju izučavanja uticaja raznih faktora na ugao kvašenja, I. N. Plaksin je izvršio seriju ogleda, koji su interesantni ne samo sa teorijske nego i industrijske tačke gledišta, jer svi faktori od kojih zavisi proces kvašenja direktno utiču na iskorišćenje metala iz ruda. Rezultati ogleda prikazani su u tablicama 2—17.

Uticaj sastava čvrste faze na ugao kvašenja

Ogledi su vršeni sa pločicama od hemijski čistog zlata, srebra i njihovih legura. Ove su se pločice, posle pranja 50% rastvorom sone kiseline, spiritusom i eterom, zagrevale u toku 3—5 časova na temperaturi 700°C .

Zatim su pločice glaćane, politirane i kratko-trajno zagrevane do usijanja. Živa, koja je bila namenjena za oglede, prethodno je prana 10% rastvorom sumporne i azotne kiseline, rastvorom natrijum hidroksida, a zatim destilirana u vakuumu. Kap žive težine 0,05 g stavljen je na spremljenu pločicu, koja se nalazila u staklenom sudu sa vodom. Spremljeni preparat se projektovao na ekran pomoću snopa paralelnih zrakova Voltinog luka. Na ekranu se projektovala slika preparata i zatim se merio ugao kvašenja. Veličine ugla kvašenja hemijski čistog zlata, srebra i njihovih legura, pri različitom trajanju kontakta žive sa metalom, navedene su u tablici 2, a na sl. 6 je grafički prikazana vrednost $\cos \theta$.

Tablica 2 i dijagram pokazuju da se hemijski čisto zlato najbolje kvasi živom, dok se hemijski čisto srebro u trenutnom kontaktu praktično ne kvasi živom. Kvašenje srebra živom počinje tek posle dva minuta od momenta dodira sa živom. Pri kontaktu kraćem od 2 minuta, vrednost $\cos \theta$ je najmanja kod legura koje sadrže 40—90% zlata, a pri kontaktu 60 minuta samo kod legure koja sadrži 90% zlata. Krivulja vrednosti $\cos \theta$ blizu čistog zlata i čistog srebra ima oštре prelome koji karakterišu povećanje $\cos \theta$ u skladu sa poboljšanjem kvašenja legura pri približavanju hemijski čistom zlatu i leguri koja sadrži 98% srebra.

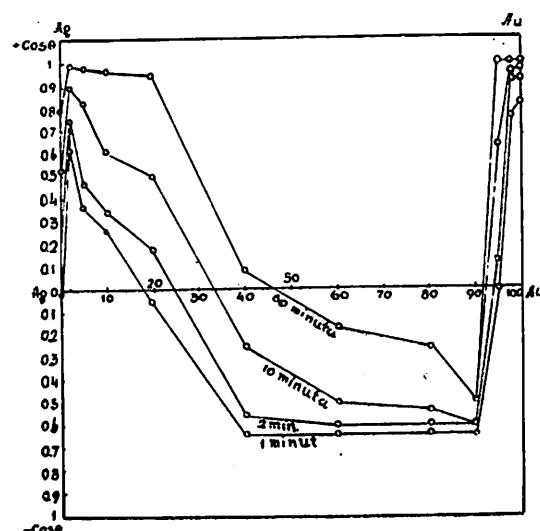
Uticaj stanja površine čvrste faze na ugao kvašenja

Stanje površine plemenitih metala i njihovih legura igra vrlo važnu ulogu pri stvaranju amalgama. Poznato je da se takozvano „zlato u košuljici” tj. pokriveno opnom oksida gvožđa, mangana i silikata, ne amalgamše. Masni minerali, kao grafit i talk, i masnoće uopšte, stvaraju opne na česticama zlata. Zato treba voditi računa da voda, koja se upotrebljava u industrijskim postrojenjima, bude čista i da u mašine za mlevenje i amalgamaciju slučajno ne dospe ulje koje služi za podmazivanje mašina.

Ispitivanja Mozera i Vejdelle pokazala su da na metalima i drugim čvrstim telima postoje opne od adsorbovanih gasova. Ove opne ponekad se nalaze iznad čvrstih opni koje su se stvorile neposredno na povr-

šini čvrstih tela usled raznih hemijskih reakcija.

Tammann i Arntz, Müller i Löw na osnovu ogleda došli su do zaključka da na površini plemenitih metala postoje opne ne samo od adsorbovanog kiseonika, nego takođe i čvrste, tanke, providne i zato nevidljive opne oksida (a ponekad hidroksida) plemenitih metala.*.) Ove opne sprečavaju dalju oksidaciju plemenitih metala, usporavaju kvašenje zlata i srebra i potpuno onemogućavaju kvašenje platine živom.



Sl. 6 — Dijagram vrednosti $\cos \theta$ u sistemu „zlatosrebro”.

Fig. 6 — Diagram de la valeur $\cos \theta$ dans le système „or-argent”.

Izučavajući proces stvaranja amalgama srebra, Tammann i Arntz su konstatovali da kap žive stavljen na pločicu srebra prvo prima oblik sočiva, zatim se oko sočiva stvara tanak venac od žive koji na periferiji izgleda mutan. Ovu pojavu autori ogleda objašnjavaju na sledeći način: na mestu direktnog kontakta žive kvasi srebro, zatim se živa razilazi po pločici i difundira unutar srebra ispod čvrste nevidljive opne, koja se nalazi na površini srebra. Ogledi su pokazali da se razdvajanje žive po pločici obavlja znatno brže, ako je pločica srebra prethodno bila oprana razblaženom kiselinom.

Müller i Löw su posmatrali stanje površine pločice zlata, koja je prethodno bila

*.) G. Tammann u. F. Arntz, Zeitschr. f. anorg. u. allg. Chemie, 192, 1930.

Uticaj sastava čvrstih faza na ugao kvašenja

Tablica 2

Kontakt žive s metalom min.	Au (h. č)	98% Au		95% Au		90% Au		80% Au		60% Au		40% Au		10% Au		5% Au		2% Au		Ag (h. č)		
		6°	Cos 6	6°	Cos 5	6°	Cos θ	6°	Cos 6	6°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	
1	35	0,819	40	0,766	90	0	130	-0,643	130	-0,643	130	-0,643	74	0,276	68	0,375	62	0,616	91	-0,017		
2	25,5	0,903	25	0,906	83	0,122	127	-0,602	127	-0,602	124	-0,559	70	0,342	62	0,469	41	0,755	79	0,191		
10	12	0,978	18	0,951	51	0,629	127	-0,602	122	-0,530	120	-0,500	105	-0,259	53	0,602	32	0,828	27	0,891	58	0,530
60	5	0,996	4	0,998	9	0,988	120	-0,500	105	-0,259	100	-0,174	86	-0,070	16	0,961	14	0,970	10	0,985	38	0,788

Tablica 3

Kontakt žive s metalom min.	Au (h. č)	98% Au		95% Au		90% Au		80% Au		60% Au		40% Au		10% Au		5% Au		2% Au		Ag (h. č)		
		6°	Cos 6	6°	Cos 5	6°	Cos θ	6°	Cos 6	6°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	
1	21	0,934	12	0,978	35	0,819	85	0,087	73	0,292	65	0,423	48	0,669	39	0,777	30	0,865	14	0,970	27	0,891
2	7	0,993	10	0,935	35	0,819	83	0,122	63	0,454	58	0,530	35	0,819	34	0,829	28	0,883	11	0,982	19	0,946
10	4	0,998	4	0,998	33	0,839	71	0,321	38	0,788	32	0,848	25	0,906	27	0,891	26	0,899	7	0,993	17	0,956
60	4	0,998	4	0,998	20	0,940	18	0,951	17	0,956	20	0,940	21	0,934	21	0,934	21	0,934	4	0,998	4	0,998

oprana sonom kiselinom, pomoću polarizacionog mikroskopa.*.) Kroz određeni interval vremena vršeno je slikanje pločice zlata. Ove slike su pokazale da je u toku 69 časova, koliko je trajao ogled, površina zlata postepeno postajala sve tamnija usled stvaranja, po mišljenju Müllera i Löwa, oksida zlata na površini pločica pod uticajem kiseonika vazduha.

Opisani ogledi I. N. Plaksina pokazali su da se, pod uticajem kiseonika iz vazduha i kiseonika rastvorenog u vodi, povećava ugao kvašenja zlata živom, usled stvaranja na površini zlata opne koja sprečava kvašenje. Opiti su vršeni sa pločicama zlata i legura sa srebrom, koje su bile pripremljene, kao što je već ranije opisano. Glačanje i politiranje pločica vršeno je u benzolu, da bi se izbegao kontakt zlata sa kiseonikom iz vazduha. Prilikom prinošenja spremljениh pločica u aparat za merenje ugla kvašenja preduzete su mere da se izbegne dodir pločica sa vazduhom. Rezultati merenja ugla kvašenja navedeni su u tablici 3, a dijagram vrednosti $\cos \theta$ prikazuje se na slici 7.

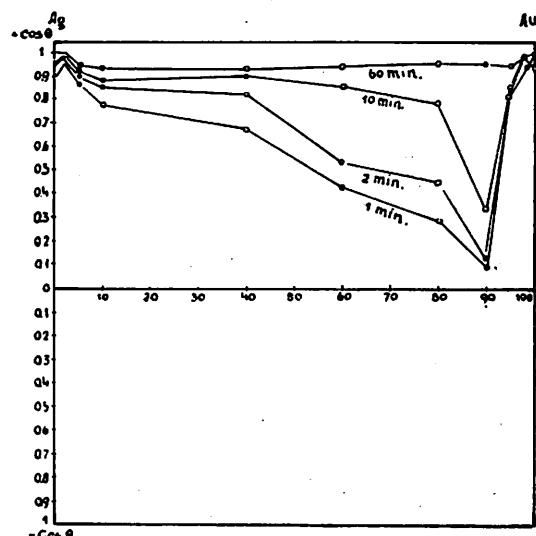
Pri upoređenju ove tablice sa tablicom 2 vidi se uticaj kiseonika iz vazduha na ugao kvašenja, odnosno na stanje površine pločica. Pri upoređenju dijagrama vrednosti $\cos \theta$, prikazanih na sl. 6 i 7 vidi se da negativne vrednosti $\cos \theta$ prelaze u pozitivne.

Druga serija pločica, pripremljenih na isti način, tj. bez kontakta sa vazduhom, pretvodno je stavljena u vodu, gde su se pločice zadržavale izvesno vreme, a zatim se merio ugao kvašenja (tablica 4).

Tablica 4 pokazuje da se za vreme nalaženja pločica zlata u vodi stvaraju na njihovim površinama opne pod uticajem kiseonika rastvorenog u vodi, usled čega se pogoršava kvašenje zlata i to upravo sraz-

merno vremenu, u toku kojeg se zlato nalazi u vodi.

S obzirom na konstataciju da se na zlatu, srebru i njihovim legurama stvaraju opne pod uticajem kiseonika, izvršeni su ogledi aktiviranja njihove površine, odnosno odstranjivanje opne sa površine pomoću atomskog vodonika (status nascendi).



Sl. 7 — Dijagram vrednosti $\cos \theta$ pri spremanju pločica od metala u benzolu.

Fig. 7 — Diagramme de la valeur $\cos \theta$ pendant la préparation des lamelles en métal dans le benzol.

Prvi ogled. — Pločice zlata su se stavljale u svojstvu elektroda u jednoprocentski rastvor sumporne kiseline. Zatim se je u toku 10 minuta puštala električna struja jačine 0,5 ampera. Posle toga pločica zlata, koja je služila kao katoda, stavljana je u aparat za merenje ugla kvašenja. Merenje je pokazalo, da živa bolje i brže kvasi aktiviranu pločicu zlata nego neaktiviranu.

Tablica 4

Kontakt žive sa metalom min.	Vreme u toku kojeg se pločica zlata nalazi u vodi u časovima											
	0 h θ°	$\cos \theta$	Potpuno kvašenje pločice	2 h θ°	$\cos \theta$	Potpuno kvašenje pločice	5 h θ°	$\cos \theta$	Potpuno kvašenje pločice	24 h θ°	$\cos \theta$	Potpuno kvašenje pločice
1	27	0,891	—	44	0,719	—	48	0,669	—	106	-0,276	—
2	12	0,978	3 min.	34	0,829	15 min.	42	0,743	15 min.	68	0,375	—
10	—	—	—	15	0,966	—	20	0,940	—	60	0,500	—
60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	49	0,656	—

* W. I. Müller u. E. Löw: Über die Existenz einer Oxie-Schicht auf Gold. — Berichte der Deutsch. Chem. Gesellschaft, 68, 1935, No. 5, 989.

D r u g i o g l e d. — Pločice od hemijski čistog srebra i legura sa zlatom bile su aktivirane na isti način kao i u prvom ogledu. U tablici 5. navedene su vrednosti $\cos \theta$ aktiviranih i neaktiviranih pločica.

Iz tablice 5 se vidi da se aktivirane pločice gotovo potpuno kvase živom u toku 10 minuta.

T r eć i o g l e d. — Polovina mikroskopskog preparata od legure, koja je sadržavala 90% zlata i 10% srebra, bila je pokrivena (izolirana) parafinom i zatim stavljena u svojstvu katode u rastvor sumporne kiseline. Posle propuštanja struje u toku 30 minuta napravljena je mikroslika, koja je pokazala da je polovina preparata koja je bila izolirana parafinom izgledala mnogo tamnija nego druga polovina koja nije bila izolirana odnosno koja je bila aktivirana.

S industrijske tačke gledišta ovi ogledi su vrlo interesantni, jer su oni pokazali da se pomoću aktiviranja površine plemenitih metala može znatno povećati njihovo iskorišćenje iz ruda. U praksi je dobila primenu takozvana „aktivna amalgamacija”, koja se obavlja u slabo kiseloj sredini u koju se

dodaje amalgam cinka. Vodonik koji se pri ovom izdvaja aktivira površinu čestica plemenitih metala.

Uticaj sastava i stanja površine žive na ugao kvašenja

Ogledi C. I. A u e r a pokazali su da živa, koja sadrži u sebi rastvoreno zlato i srebro, a takođe i male količine (do 0,1%) neplemenitih metala (bakar, cink, olovo) u vidu amalgama efikasnije amalgamira zlato i srebro nego čista živa*). Ova je pojava već odavno bila primećena u industrijskim postrojenjima za dobijanje zlata iz ruda amalgamacijom.

Za proučavanje ovog problema I. N. Plak-sin je izvršio nekoliko ogleda. Ogledi su vršeni sa pločicama zlata veličine $0,3 \text{ cm}^2$, težina kapi žive 0,05 g. Amalgami zlata, srebra, bakra i cinka spremali su se od hemijski čistih preparata u vidu finih praškova koji su se trljali hemijski čistom živom. Zlato se dobijalo redukcijom hlorognog zlata pomoću oksalne kiseline, srebro — redukcijom sulfata srebra mravljom kiselom, bakar — cementacijom sulfata bakra.

Tablica 5

Kontakt žive sa metalom min.	Sastav pločice u %		Neaktivirana pločica		Aktivirana pločica	
	Au	Ag	θ°	$\cos \theta$	θ°	$\cos \theta$
1	20	80	103	-0,225	22	0,927
2	20	80	90	0,00	13	0,974
10	20	80	62	0,469	10	0,985
60	20	80	17	0,956	4	0,998
1	40	60	125	-0,574	22	0,927
2	40	60	120	-0,500	17	0,956
10	40	60	100	-0,174	13	0,974
60	40	60	96	-0,105	4	0,998
1	90	10	130	-0,643	28	0,883
2	90	10	127	-0,602	23	0,921
10	90	10	122	-0,530	15	0,966
60	90	10	105	-0,259	11	0,982
1	0	100	91	-0,017	38	0,778
2	0	100	79	0,191	20	0,940
10	0	100	58	0,530	12	0,978
60	0	100	38	0,788	4	0,998

*) S. I. Auer, Thesis, No. 206, Min. Depart. Massach., Inst. of Technol. 1901.

Uticaj sadržaja zlata u živi

Za ove oglede pripremljeno je zlato u vidu rastvora u živi (0,17%) i u vidu amalgama, koji je sadržavao jednovremeno zlato u rastvoru i dispergovano zlato u vidu dimerkurida. Rezultati ogleda prikazani su u tablici 6.

Iz ove tablice vidi se da živa, koja sadrži rastvoreno zlato, bolje i tri puta brže (10 : 3) potpuno kvasi pločicu zlata nego hemijski čista živa. Dalje povećanje sadržaja zlata u živi u vidu dispergovanog hemijskog jedinjenja zlata sa živom ne poboljšava proces kvašenja.

Uticaj sadržaja zlata i srebra u živi

Ogledi su vršeni sa amalgamima koji su sadržavali 0,17%, 2% i 5% zlata i srebra zajedno (tablica 7).

Tablica 7 pokazuje da se pri sadržaju u živi 0,17% zlata i srebra zajedno poboljšava kvašenje zlata živom. Vreme koje je potrebno za potpuno kvašenje pločica zlata smanjuje se 1,7 puta (10 : 6), a pri daljem povećanju sadržaja zlata i srebra u živi vreme se smanjuje tri puta (10 : 3).

Uticaj sadržaja bakra u živi

Dodavanjem odgovarajuće količine žive u amalgam koji sadrži 10% bakra dobijen je amalgam sa sadržajem 5% i manje bakra. Svi ogledi su vršeni u identičnim uslovima. Rezultati ogleda navedeni su u tablici 8 i grafički prikazani na sl. 8.

Pri sadržaju bakra u živi manje od 0,1% poboljšava se kvašenje pločica zlata. Čista živa potpuno kvasi zlato u toku 10 minuta, a živa koja sadrži bakar u granicama 0,05—0,1% — u toku 5 minuta, tj. dva puta brže. Pri sadržaju bakra 0,2% u živi potpuno kvašenje se obavlja u toku istog vremena kao i hemijski čistom živom. Pri sadržaju bakra 1% i više u živi kvašenje se gotovo ne obavlja, kap žive stavljena na pločicu zlata ne menja svoj sferični oblik (u toku 24 sata posmatranja) i postepeno se pokriva mrkom opnom oksida bakra. Ako na pločicu zlata stavimo kap žive, koja sadrži 5% bakra, posle 2—3 sata možemo primetiti početak difuzije žive u zlato kroz donju površinu kapi. Ali difuzija se obavlja znatno sporije u poređenju sa difuzijom čiste žive. Isti ogled sa živom, koja sadrži 1% bakra, pokazuje da difuzija žive u zlato počinje tek posle 30—60 minuta.

Tablica 6

Kontakt žive sa metalom min.	Hg (hem. čist)			Hg sa 0,17% Au			Hg sa 0,8% Au		
	θ°	Cos θ	potpuno kva- šenje pločice živom	θ°	Cos θ	potpuno kva- šenje pločice živom	θ°	Cos θ	potpuno kva- šenje pločice živom
1	35	0,819		10	0,985		20	0,940	
2	25,5	0,903		7	0,993		12	0,978	
10	12	0,978	10 min.	4	0,998	3 min.	4	0,998	3 min.
20	4	0,998		4	0,998		4	0,998	
60	4	0,998		4	0,998		4	0,998	

Tablica 7

Kontakt žive sa metalom min.	Hg (hem. čist)			0,17% Au + Ag			2% Au + Ag			5% Au + Ag		
	θ°	Cos θ	potpuno kva- šenje pločice živom	θ°	Cos θ	potpuno kva- šenje pločice živom	θ°	Cos θ	potpuno kva- šenje pločice živom	θ°	Cos θ	potpuno kva- šenje pločice živom
1	35	0,819		21	0,934		17	0,956		17	0,956	
2	25,5	0,903		16	0,961		12	0,978		15	0,966	
10	12	0,978	10 min.	4	0,998	6 min.	4	0,998	3 min.	4	0,998	3 min.
20	4	0,998		4	0,998		4	0,998		4	0,998	
60	4	0,998		4	0,998		4	0,998		4	0,998	

Tablica 8

Kontakt žive sa metalom min.	Hg (hem. čist)			0,05% Cu			0,1% Cu			0,2% Cu			0,5% Cu			1% Cu		
	potpuno kvašenje plotice životom			θ° Cos θ			potpuno kvašenje plotice životom			θ° Cos θ			potpuno kvašenje plotice životom			θ° Cos θ		
	θ°	Cos θ	θ°	θ°	Cos θ	θ°	θ°	Cos θ	θ°	θ°	Cos θ	θ°	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	
1	35	0,819	23	0,921	36	0,809	47	0,682	79	0,191	130	-0,643						
2	25,5	0,903	15	0,966	20	0,940	20	0,940	40	0,766	130	-0,643	ne kvazi se					
10	12	0,978	4	0,998	5 min.	4	0,998	7	0,993	10 min.	9	0,988	130	-0,643				
20	4	0,998	4	0,998	4	0,998	5	0,996	9	0,988	130	-0,643						
60	4	0,998	4	0,998	4	0,998	4	0,998	4	0,998	130	-0,643						

Tablica 9

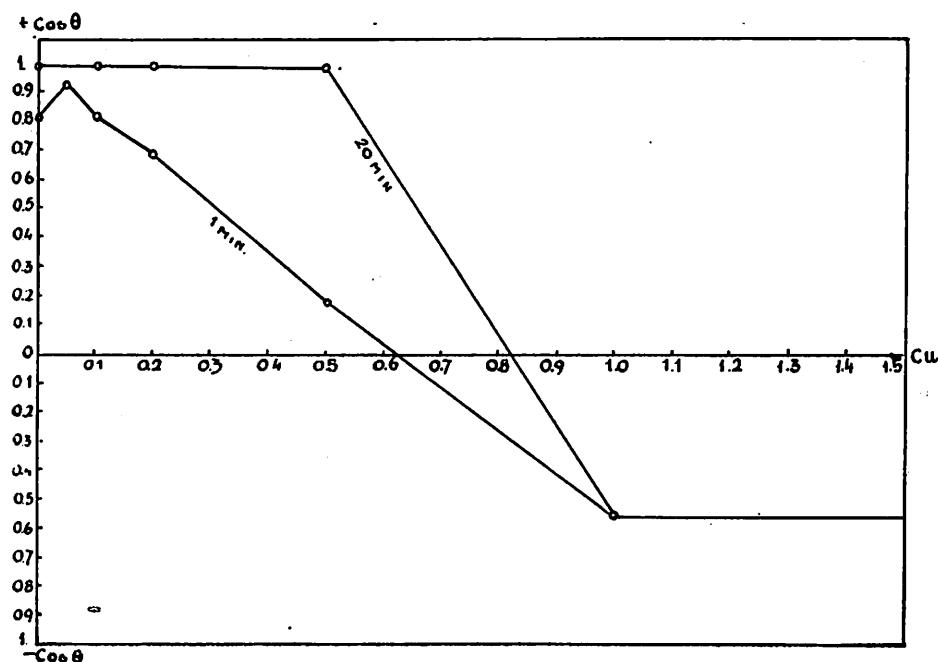
Kontakt žive sa metalom min.	Hg (hem. čist)			0,05% Zn			0,1% Zn			0,2% Zn								
	potpuno kvašenje plotice životom			θ° Cos θ			potpuno kvašenje plotice životom			θ° Cos θ			potpuno kvašenje plotice životom			θ° Cos θ		
	θ°	Cos θ	θ°	θ°	Cos θ	θ°	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	
1	35	0,819	23	0,921	130	-0,643	130	-0,643	130	-0,643	130	-0,643						
2	25,5	0,903	10 min.	18	0,951	130	-0,643	130	-0,643	130	-0,643	130	-0,643	ne kvazi se				
10	12	0,978	4	0,998	7 min.	130	-0,643	130	-0,643	130	-0,643	130	-0,643	ne kvazi se				

Uticaj sadržaja cinka u živi

Rezultati ogleda prikazani su u tablici 9 i grafički prikazani na sl. 9.

Iz tablice se vidi da se pri sadržaju cinka u živi u granicama do 0,05% povećava vrednost $\cos \theta$, a vreme koje je potrebno za potpuno kvašenje živom pločica zlata smanjuje se 1,4 puta (10 : 7). Pri sadržaju 0,1% i više cinka živa u bazičnoj i neutralnoj

opne oksida na njihovim površinama. Međutim, praksa je pokazala da industrijski amalgam zlata sadrži bakar i gvožđe, ako se u rudi ili u vodi nalazi sulfat bakra. Gvožđe u vidu praštine, koja se obično nalazi u pulpi, usled habanja metalnih delova aparature cementira bakar, koji se u ovom slučaju lako amalgamiše, jer je površina sveže cementiranog bakra potpuno čista. Zajedno sa bakrom uvlači se u amalgam plemenitih me-



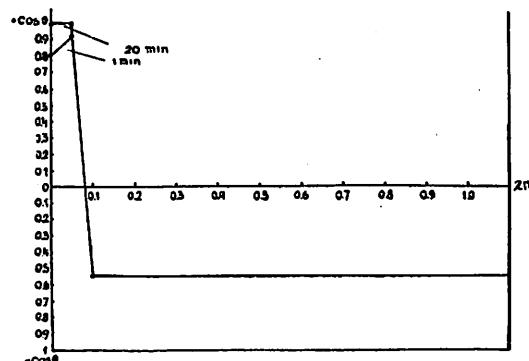
Sl. 8 — Dijagram vrednosti $\cos \Theta$ pri kvašenju pločica zlata amalgamom bakra.

Fig. 8 — Diagramme de la valeur $\cos \Theta$ pendant le mouillage des lamelles d'or par l'amalgame du cuivre.

sredini ne kiasi zlato; kap žive ne menja svoj sferični oblik i pokriva se sivom opnom oksida cinka. Za razliku od amalgama bakra difuzija žive u pločicu zlata kroz donju površinu kapi ne primećuje se pri posmatranju u toku 24 sata.

Poboljšanje kvašenja zlata živom, koja sadrži rastvoreno zlato i srebro, kao i neplemenite metale u malim količinama, objašnjava se smanjivanjem površinskog napona žive. Pogoršanje kvašenja zlata živom, kad sadržaj neplemenitih metala u živi pređe određenu granicu, objašnjava se stvaranjem opne od oksida neplemenitih metala na površini žive.

Kao što je poznato, bakar i gvožđe neposredno se ne amalgamišu usled prisustva



Sl. 9 — Dijagram vrednosti $\cos \Theta$ pri kvašenju pločica zlata amalgamom cinka.

Fig. 9 — Diagramme de la valeur $\cos \Theta$ pendant le mouillage des lamelles d'or par l'amalgame du zinc.

tala i gvožđe, čija je površina pokrivena bakrom koji se izdvojio iz sulfata bakra. Prisustvo bakra i gvožđa u amalgamu plemenitih metala nije poželjno iz sledećih razloga:

- otežava se prerada amalgama;
- smanjuje se sposobnost žive da amalgamira zlato kad sadržaj bakra u živi pređe određenu granicu;

— povećavaju se gubici žive i zlata, jer se laki amalgam bakra pretvara u fine kuglice koje se gube u otpacima amalgamacije.

Zato je u pulpu, koja sadrži sulfat bakra, potrebno dodati kreč, koji odstranjuje jone bakra, odnosno taloži bakar u vidu hidroksida. Za sprečavanje stvaranja amalgama bakra prilikom premazivanja živom bakarnog lima, kojim se pokriva amalgamaciona aparatura, preporučuje se, da se premazuje bakarni lim amalgamom srebra ili je još bolje posrebriti lim.

S obzirom da sadržaj bakra i drugih plemenitih metala u živi nepovoljno deluje na proces izdvajanja plemenitih metala iz ruda, potrebno je kontrolisati sastav žive. Čista živa ne ostavlja tragove u porculanskoj šolji, kap čiste žive stavljena na staklenu pločicu ne menja svoj sferični oblik. Prečiščavanje žive vrši se na sledeći način:

— živa se filtrira kroz jelensku kožu ili gusto platno da bi se odstranile mehaničke primese;

— zatim se živa pere, prvo, vrućom vodom, a posle toga razblaženom azotnom kiselinom (1 : 6). U kontaktu sa kiselinom živa ostaje nekoliko časova i s vremenom na vreme dobro se mučka.

Posle pranja kiselinom živa se dobro pere vodom. Očišćena živa čuva se u gvozdenim sudovima pod slojem vode zakiseljene azotnom kiselinom.

Još bolji rezultati dobijaju se pri pranju žive azotnom kiselinom na sledeći način: živa se stavlja u specijalnu biretu, koja je tako regulisana da živa izlazi kap po kap i pada u sud sa azotnom kiselinom. Na ovaj se način postiže brže i bolje prečiščavanje žive. Ako živa sadrži arsen i antimon, ona se prečišćava destilacijom pod slojem kreča.

Uticaj kovanja i vučenja zlata na ugao kvašenja

Egleston je konstatovao da zlato posle dužeg kovanja postaje krto i gubi sposobnost kvašenja živom.^{*)} G. G. Read, posmatrajući pod mikroskopom zlato koje je duže vremena bilo kovano, ustanovio je, da je u njegovu površinu utisnuta velika količina čestica fine prašine i oksida koji su nevidljivi običnim okom.^{**) Posle brižljivog čišćenja i politiranja ovih pločica zlata Read je konstatovao da se one lako i brzo kvase živom.}

U tablici 10 navedeni su rezultati ogleda:

- sa pločicom zlata debljine 0,12 cm koja nije bila ni kovana ni vučena;
- sa istom pločicom posle njenog vučenja do debljine 0,04 cm;
- sa pločicom koja je posle vučenja pažljivo očišćena i to: oprana 50% rastvorom sone kiseline a zatim špiritusom. Posle pranja pločica je glačana i politirana.

Tablica 10 pokazuje da je uzrok povećanja ugla kvašenja isti kao i posle trajnog kovanja zlata.

Ovo treba imati u vidu pri dobijanju zlata iz ruda, jer se za vreme drobljenja, a naročito za vreme mlevenja rude, čestice zlata kuju i izvlače. Mikroskopsko ispitivanje G. Z. Oldright-a R. Head-a pokazalo je da za vreme mlevenja čestice zlata menjaju svoj oblik, veličinu i stanje površine. Zlato se lako kuje i razvlači u tanke pločice pod uticajem udara kuglica i trljanja između kuglica. Zatim se ove tanke pločice zlata cepaju u fine čestice koje se pokrivaju opnom prašine utisnutom u njihovu površinu. Zbog tih promena čestica zlata otežava se amalgamacija, odnosno smanjuje se iskorišćenje zlata.

Praksa je pokazala da se postiže veće iskorišćenje kad su, prvo, čestice zlata krupnije a ne sitnije, drugo, kad čestice zlata imaju oblik grudvica (krupica) a ne pločica i treće, kad je površina zlata čista. Zato se preporučuje da se amalgamacija vrši odmah, čim se čestice zlata oslobođe od stene, drugim rečima, da se amalgamacija obavlja jednovremeno sa mlevenjem. Praksa je pokazala da takozvana „unutrašnja“ amalgamacija, koja se vrši u samom aparatu za mlevenje, daje znatno bolje rezultate nego tako-

^{*)} Egleston, Metalurgy of Gold, Silver and Mercury.

^{**) Read. Trans. Amer. Inst. Mining, Eng., 37, 1907, 71.}

Tablica 10

Kontakt žive sa metalom min.	Pre vučenja			Posle vučenja			Posle čišćenja		
	θ°	Cos θ	potpuno kvašenje pločice živom	θ°	Cos θ	potpuno kvašenje pločice živom	θ°	Cos θ	potpuno kvašenje pločice živom
1	35	0,819		94	-0,070		32	0,848	
2	25	0,906		90	0,00		26	0,899	
10	6	0,995		60	0,500		10	0,985	
			10 min.			98 min.			10 min.
20	—	—		32	0,848		—	—	

Tablica 11

Kontakt žive sa metalom min.	Hg (hem. čista)		2 % Cu	1 % Cu	0,5 % Cu	0,2 % Cu	0,1 % Cu	0,05 % Cu
	Voda	H_2SO_4						
		0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,5 %	0,05 %
	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ
1	55	0,574	20	0,940	52	0,616	45	0,707
2	40	0,766	10	0,985	47	0,682	13	0,974
10	4	0,998	4	0,998	26	0,899	8	0,990
60	4	0,998	4	0,998	4	0,998	4	0,998

zvana „spoljna“ amalgamacija, koja se vrši izvan aparature za mlevenje posle završetka procesa mlevenja. Ali unutrašnja amalgamacija ima i negativnih osobina, koje se sastoje u tome, što se jedan deo žive i amalgama pretvara u najfinija zrnca, koja se gube u otpacima amalgamacije. Primećeno je, da su ovi gubici manji pri mlevenju rude u čileanskim mlinovima i baterijama tučkova nego u kugličnim mlinovima.

U tablici 12 prikazano je kvašenje hemijski čistom živom legure od 90% zlata i 10% srebra u neutralnoj i kiseloj sredini.

Tablice 11 i 12 pokazuju da se u kiseloj sredini uspešnije obavlja proces amalgamacije, usled odstranjivanja oksidne opne sa površine zlata i legura sa srebrom, kao i sa površine žive koja sadrži bakar.

Tablica 12

Kontakt žive sa legurom min.	Voda		0,5 % H_2SO_4	
	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ
1	130	-0,643	35	0,819
2	127	-0,602	28	0,883
10	127	-0,602	10	0,985
60	120	-0,500	4	0,998

Uticaj vodene sredine na ugao kvašenja

U tablicama 11 i 12 prikazan je uticaj kisele sredine na ugao kvašenja. U tablici 11 prikazani su rezultati ogleda kvašenja u neutralnoj i slabu kiseloj sredini zlata hemijski čistom živom i živom koja sadrži bakar.

Iz tablice 11 vidi se:

— ugao kvašenja hemijski čistog zlata hemijski čistom živom znatno je manji u kiseloj sredini nego u neutralnoj;

— ugao kvašenja hemijski čistog zlata živom koja sadrži bakar upravno je srazmeran sa sadržajem bakra u živi.

Bazična sredina negativno deluje na proces amalgamacije, jer se u prisustvu natrijum i kalcijum hidroksida opne na plemenitim metalima i živi još više stabiliziraju, a izgleda čak i povećavaju.

Tablica 13

Kontakt žive sa metalom min.	neutralna		0,5% H ₂ SO ₄		1% NaOH		0,5% NaOH		0,13% Ca(OH) ₂	
	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ
1	55	0,574	20	0,940	114	-0,407	113	-0,391	100	-0,174
2	40	0,766	10	0,985	113	-0,391	111	-0,358	97	-0,122
10	4	0,998	4	0,998	49	0,656	69	0,358	70	0,342
60	—	—	—	—	4	0,998	40	0,766	55	0,574

Tablica 13 prikazuje uglove kvašenja zlatne pločice u neutralnoj, kiseloj i bazičnoj sredini.

Kao što se vidi, u kiseloj sredini zlato se kvasi bolje nego u neutralnoj, a najslabije u bazičnoj sredini. U praksi se amalgamacija ne obavlja u kiseloj sredini, prvo, zbog štetnog dejstva kiseline na metalne delove aparature, drugo, ako se u pulpi nalaze joni bakra, stvara se amalgam bakra, što nije poželjno iz razloga o kojima je već bilo govorba.

Praksa je pokazala da je slabo bazična sredina (oko 0,03% CaO) najpovoljnija za amalgamaciju zlata. U tablici 14 navedeni su rezultati ispitivanja Williamsa, koji su vršeni u nekoliko raznih postrojenja za amalgamaciju.

Tablica 14

% iskorišćenja zlata amalgamacijom		Sadržaj zlata u otpacima amalgamacije	
bez dodava- nja kreča	sa krečom	bez kreča	sa krečom
49,63	54,53	6,55 g/t	4,56 g/t
55,60	61,50	6,24 "	3,97 "
50,01	57,81	9,58 "	7,00 "
55,71	59,81	12,44 "	8,94 "

Uticaj temperature na ugao kvašenja

Praksa je pokazala da se na Uralu i u Sibiru za vreme zimske sezone smanjuje iskorišćenje zlata iz ruda postupkom amalgamacije. U tablici 15 navedeni su rezultati ogleda I. N. Plaksina koji pokazuju da se sa povećanjem temperature smanjuje ugao kvašenja, odnosno poboljšavaju se uslovi kvašenja. Uzrok je tome što se sa smanjivanjem temperature povećava površinski napon žive, a sa povećanjem temperature on se smanjuje.

Uticaj potencijala površine metalnih faza na ugao kvašenja

U cilju proučavanja uticaja potencijala izvršeni su sledeći ogledi. Na pločicu zlata, stavljenu u stakleni sud s vodom, dodata je kap žive. Zatim je u živu potopljena žica, koja je vezana sa negativnim polom generatora jednosmisljene struje. Ogledi su pokazali da se živa ravnometerno i brzo širi po pločici zlata i proces kvašenja završava se u toku 3,5 — 4 minuta, tj. dva puta brže nego obično, kao što se to vidi iz tablice 16. Isti se rezultati dobijaju kad je pločica zlata vezana sa katodom. Promene vrednosti co-

Tablica 15

Kontakt žive sa metalom min.	Temperatura										
	1°		6°		30°		35°		40°		
θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ	θ°	Cos θ
1	61	0,485	38	0,788	29	0,875	25	0,906	22	0,927	
2	44	0,719	29	0,875	25	0,906	24	0,914	20	0,940	

sinusa θ , u zavisnosti od razlike potencijala, variraju u užim granicama. Maksimalna vrednost $\cos \theta$ je pri razlici potencijala od 2 volta. Pri razlici potencijala većoj i manjoj od 2 volta vrednost $\cos \theta$ smanjuje se vrlo nezнатно. Uzrok povećanja $\cos \theta$ u prvom ogledu je smanjivanje površinskog napona žive, usled negativne polarizacije njene površine, a u drugom ogledu, usled aktiviranja površine zlata pomoću vodonika koji se izdvaja na katodu. Kad je živa vezana sa pozitivnim polom, ogledi su pokazali da u ovom slučaju živa uopšte ne kvasi zlato i da kap žive u toku 1—2 sata ne menja svoj oblik.

U cilju povećanja iskorišćenja zlata iz ruda u praksi se primenjuje takozvana elektro-amalgamacija. U ovu svrhu između ostalog služi pravougaoni žleb obložen amalgamiranim bakarnim limom i podeljen je poprečnim pregradama od amalgamiranog lima. Amalgamirani lim je vezan sa negativnim polom akumulatora. Pozitivan pol je vezan sa gvozdenim pregradama, obešenim iznad žleba, koje su spuštene do polovine visine žleba. Na taj način pulpa prolazi kroz žleb u cik-cak liniji.

Amalgamacija srebra i njegovih legura

Samorodno srebro relativno retko se nalazi u prirodi. Uglavnom se srebro nalazi u prirodi u mineralima i kao legura sa zlatom u zlatonosnim rudama. Samorodno srebro i njegove legure, koje se sastoje uglavnom od srebra, teže se kvasi životom nego zlato. Za stvaranje amalgama srebra potreban je trajniji kontakt sa životom nego za amalgamaciju

zlata. Obični način amalgamacije koji se primenjuje za izdvajanje zlata iz ruda nije pogodni za amalgamaciju samorodnog srebra, jer se na površini srebra, kao manje plamenitog metala, lakše stvaraju opne od hemijskih jedinjenja. Srebro koje nastupa u mineralima uopšte se ne kvasi životom. Zato je u ovom slučaju potrebno prethodno izdvojiti srebro u elementarnom stanju pomoću gvožđa, bakra i drugih reagensa u zavisnosti od hemijskog sastava minerala srebra. Do pronalaska procesa cijanizacije i flotacije dobijanje srebra iz ruda vršilo se pomoću specijalnih postupaka amalgamacije. Ovi postupci se dele na:

— „američki“ postupak, prema kome se fino samlevena vlažna ruda meša sa odgovarajućim reagensima. U toku ovog procesa obavlja se izdvajanje elementarnog srebra koje sa životom stvara amalgam. Amalgam se odvaja od rude pomoću ispiranja;

— „evropski“ (frajberški) postupak, koji se sastoji u prethodnom hlornom prženju fino samlevene rude u cilju pretvaranja minerala srebra u hlorid srebra. Iz hlorida srebro se potiskuje obično pomoću gvožđa ili bakra (način Franke). Cementacija srebra i njegova amalgamacija vrši se u rotacionim cilindričnim aparatima ili u kacama. Ruda se meša sa 20—30% vode, 8—10% gvožđa u vidu sitnih parčića i odgovarajuće količine žive u zavisnosti od sadržaja srebra u rudi.

U zlatonosnim rudama srebro se nalazi u vidu samorodnog srebra (vrlo retko), legura sa zlatom raznog sastava i u vidu raznih minerala (sulfida, hlorida itd.). Pri amalgamaciji zlatonosnih ruda izdvaja se samo

Tablica 16

Kontakt žive sa metalom min.	Bez struje			Živa spojena sa katodom														
				0,2 v		0,5 v		2 v		4 v		5 v						
	θ°	$\cos \theta$	potpuno kvašenje pločice životom	θ°	$\cos \theta$	potpuno kvašenje pločice životom	θ°	$\cos \theta$	potpuno kvašenje pločice životom	θ°	$\cos \theta$	potpuno kvašenje pločice životom	θ°	$\cos \theta$	potpuno kvašenje pločice životom			
1	43	0,731	8	25	0,906	4	25	0,906	3,5	18	0,951	4	25	0,906	4	27	0,981	3,5
2	25	0,906	min.	20	0,940	min.	19	0,946	min.	17	0,956	min.	19	0,946	min.	18	0,951	min.

jedan deo srebra koji se nalazi u rudji, jer samo legure bogate zlatom stvaraju amalgam dok samorodno srebro i legure bogate srebrom ne stvaraju amalgam zbog kratkotrajnosti kontakta sa životom.

Amalgamacija platine

U prirodi platina se, uglavnom, nalazi u samorodnom stanju i vrlo retko u vidu sulfida (kuperit) i arsenida (sperilit). Samorodna platina, za razliku od zlata i srebra, uopšte se ne amalgamira u običnim uslovima. Ako presečemo platinsku žicu u vazduhu i odmah je stavimo u živu, površina preseka neće se kvasiti životom. Međutim, ako prethodno potopimo u živu, krtu (usled prisustva ugljenika) platinsku žicu i zatim je prelomimo u živi, površina preloma potpuno se kvasi životom. U ovom smislu platina se ponaša analogno gvožđu, jer se čelična igla prelomljena u živi kvasi, a na vazduhu gvožđe se ne kvasi životom. S obzirom na oglede Tammanna i Arntza, Müllera i Lowa, o kojima je već bilo govora, smatra se da se pod uticajem kiseonika iz vazduha platina pokriva čvrstom, providnom, nevidljivom opnom od oksida platine kroz koju, za razliku od oksidnih opni zlata i srebra, živa ne može da prodre. Ogledi su pokazali da se, ako pomoću atomskog vodonika ili hlorova odstranimo oksidnu opnu sa površine platine, ona lako amalgamiše. Čestice platine se mogu takođe osposobiti za amalgamaciju pomoću taloženja bakra na njihovoj površini, koji se u momentu izdvajanja iz sulfida bakra lako amalgamiše, pa se na taj način čestice platine uvlače u amalgam. S obzirom na izloženo, Z a c h e r t je predložio 1918. g. sledeći način dobijanja platine iz ruda pomoću amalgamacije: u pulpu se dodaje amalgam cinka u vidu praha, sumporna kiselina i sulfat bakra. Vodonik, koji se pri ovome izdvaja, igra glavnu ulogu u aktiviranju površine platine, odnosno u odstranjuvanju oksida platine sa njene površine. Sem toga, cink potiskuje iz sulfata bakra elementarni bakar, koji se taloži na čestice platine i na taj način osposobljava ih za amalgamaciju. Ovaj način se primenjivao na nekim postrojenjima u Južnoj Africi i u pokušnom postrojenju u Tagilu (Uralu).

V. I. Granat je predložio da se umesto cinka primeni gvožđe u vidu opiljaka. Ogledi su pokazali dobre rezultate.

Premda podacima Prentice i Murdoch (**) amalgamacija po postupku Zacherta sa uspehom se primenjuje u Južnoj Africi za dobijanje platine iz koncentrata platinosnih peridotita (dunita). Amalgamacija se obavlja u rotativnim cilindričnim aparatima u koje se zajedno sa koncentratom i vodom dodaje živa, amalgam cinka, sumporna kiselina i sulfat bakra. Praksa je pokazala da se samorodna platina, koja sadrži 14—20% gvožđa, takozvana fero-platina, teško amalgamiše ovim postupkom. Ispitivanja su pokazala da je uzrok tome to, što je ova vrsta platine pokrivena kompaktnom opnom oksida gvožđa koje se ne udaljuje u toku procesa amalgamacije. Laboratorijski opiti I. N. Plaksina i V. Suslove pokazali su da se posle prethodnog obradivanja fero-platine slabim rastvorom sumporne kiseline (0,63%) postiže visoko iskorišćenje platine, kao što se vidi iz tablice 17. Amalgamacija je vršena u porculanskom mlinu sa porculanskim kuglicama.

Tablica 17

Redni broj ogleda	Težina probe, g	Reagensi				Iskoriscenje u %
		CuSO ₄ , g	amalgam cinka, g	živa, g	0,5% H ₂ SO ₄ , cm ³	
1	50	2,0	10	100	350	99,98
2	500	—	10	100	350	99,98
3	500	2,0	10	100	350	99,98
4	500	—	10	100	350	99,98

Iz tablice 17 vidi se da je visoko iskorišćenje platine bilo postignuto i bez dodavanja sulfata bakra (ogled 2 i 4). Enslin i Eklund(**) predložili su postupak amalgamacije platine, koji se sastoji od sledećih operacija:

— koncentrat ili samlevena ruda prethodno se obradi sonom kiselinom koja sadrži slobodni hlor. Na taj način se prvo, površina čestica platine oslobođa od oksida i drugih hemijskih jedinjenja, drugo, pod uticajem hlorova stvara se ili nerastvorljiva u vodi

*) I. K. Prentice u. R. Murdoch, Journ. Chem. Met. a. Min. Soc. South. Afr. 1929, 7, 159.

**) South. Afr. Min. a. Eng. Journ. Sept. 1928. No. 44.

hlorista platina (PtCl_2) ili rastvorljiva u vodi hlorna platina (PtCl_4). Ovi hloridi rastvaraju se u sonoj kiselini stvarajući kompleksna jedinjenja (H_2PtCl_4 i H_2PtCl_6);

— zatim se pulpa dovodi na amalgamacioni sto koji je pokriven amalgalom cinka. Pri rastvaranju cinka u sonoj kiselini izdvaja se vodonik koji, prvo, aktivira površinu čestica platine, drugo, izdvaja platinu u elementarnom stanju iz hlorovodoničnih kompleksnih jedinjenja. Zbog navedenih reakcija čestice platine lako se kvase živom odnosno stvaraju amalgam. Način Enslina i Eklunda može biti primjenjen s uspehom

takode i u slučaju, kad se pored samorodne platine u rudi nalaze sulfidi i arsenidi platine. Pod uticajem hlorova, sone kiseline i vodonika površine čestica sulfida i arsenida pokrivaju se elementarnom platinom, koja je potisnuta vodonikom iz njenih hlorovodoničnih kompleksnih jedinjenja. Unutra čestice sulfida i arsenida ostaju bez promena. Prema tome, u ovom slučaju platinosni amalgam predstavlja komplikovan dispersni sistem, koji se sastoji od amalgama cinka u kojem su dispergovane amalgamirane čestice samorodne platine, sulfida i arsenida.

RESUME

Théorie d'amalgamation des métaux précieux

Ing. K. Čukmasov^{*)}

Les amalgames sont des alliages qui en réalité ne se diffèrent pas des alliages des autres métaux. La solubilité des métaux précieux dans le mercure est insignifiante. Le mercure se dissout dans les métaux précieux en produisant des solutions solides des concentrations différentes. L'or et le platine, chacun d'eux, font avec le mercure trois composés chimiques, tandis que l'argent seulement deux. Tous les composés chimiques se désagrègent facilement à la température qui est plus bas de la température de leurs fusions. Tous les composés chimiques se forment avec un moindre effet thermique. Le procès d'amalgamation se effectue en deux phases, dont la première est le mouillage du métal avec le mercure, et la deuxième phase-diffusion du mercure dans le métal. Le mouillage du métal avec le mercure dépend des facteurs suivants: structures de deux phases métalliques: solides et liquides, structure de la troisième phase (milieu aquueux), état de la surface de la phase métallique solide et liquide, température et potentiel de la surface. L'argent s'amalgame plus difficilement que l'or, tandis que le platine, sous condition normale, n'amalgame point.

G. Tammann et F. Arntz (Zeit. f. anorg. u. allg. Chemie, 192, 1930, 45), W. Müller et E. Löw (Ueber die Existenz einer Oxid-Schicht auf Gold, Berichte, 1935, No. 5) ont conclu, sur la base des essais, que sur les métaux précieux se trouvent des membranes en oxyde, solides, fines, transparentes et invisibles. Ces membranes empêchent l'oxydation ultérieure des métaux précieux, ralentissent le mouillage de l'or et de l'argent et empêchent absolument le mouillage du platine avec le mercure. Les essais de I. N. Plaksina ont montré qu'après l'éloignement de la membrane en oxyde à l'aide de l'hydrogène atomique (status nascendi), le procès d'amalgamation des métaux précieux s'améliore considérablement.

^{*)} Dipl. ing. Konstantin Čukmasov, Opatija, Nazorova 4.

Literatura

- Ívanóvskij, M. D., Zefirov A. P., 1938: Plaksin, I. N., Kožuhova, M. A., 1935:
Metallurgija zolota. Fiziko-himicheskie osnovy processa amalgamacii. — Moskva.
- Plaksin, I. N., 1943: Metalurgija blagorodnyh metallov. Moskva.
- Plaksin, I. N., Štamova, S. M., 1932: Usloviya izvlečenja platiny amalgamaciej. — Moskva.
- Plaksin, I. N., Suslova, V. V., 1934: Usloviya izvlečenija platiny amalgamaciej. — Moskva.
- Izvestija sektora platiny i drugih blagorodnyh metallov, 1936. Akademija nauk SSSR.



Mogućnosti koncentracije oksida antimona iz šljaka kao i oksida nekih drugih metala iz sirovina koje se ne mogu koncentrisati metodom flotacije ili mokromehaničke seperacije

(sa 4 slike)

Dipl. ing. Đura Marunić

Uvod

Dugo vremena utrošeno je na rešavanje problema koncentracije oksida iz antimon-skih šljaka, koji je i danas ostao nerešen. Postoji još problema iz oblasti koncentracije mineralnih sirovina koji su nerešeni, ali ima izgleda da se reše. Segregaciono prženje je odavno poznat proces, mada do danas nije našao široku primenu u praksi. Taj proces se primenjuje na rudama bakra u Katangi i Mauritaniji, gde je nemoguće primeniti ostale metode koncentracije. U Engleskoj je patentirana peć za segregaciono prženje ruda antimona, bakra i bizmuta sa napomenom da može služiti i za ostale metale, ali probe za to nisu izvršene. Taj proces, iako složen, može biti ekonomično primenjen na nekim sirovinama. Ako se uporedi sa drugim hidrometalurškim procesima ili luženjem, on će biti znatno povoljniji. Investiciona ulaganja za ovaj proces znatno su niža od ulaganja za ostale hidrometalurške procese, što mu omogućava da bude primenjen na nekim rudnicima sa niskim kapacitetom proizvodnje. Isto tako rude, koje imaju karbonatnu jalovinu a nisu pogodne za luženje zbog velikog utroška kiseline, mogu se tretirati ovom metodom. Važno je napomenuti i to, da svi minerali dotičnog metalna, koji se tretiraju ovim procesom, podjednako reaguju

(oksidi, karbonati, sulfidi i silikati). Proces se može primeniti na veći broj metala, koji formiraju isparljive hloride i oksi-hloride kao: antimon, bakar, bizmut, titan, kobalt, nikl, kolumbijum, kalaj, srebro i dr. Radi navedenih osobina procesa, isti može biti šire primjenjen i kod nas.

Opis procesa segregacionog prženja

Ovaj proces do sada nije u potpunosti razjašnjen, mada se smatra, da se isparljivi hloridi raznih metala formiraju i brzo redukuju na svom putu pod uticajem reduktora i obrazuju kristalice metala raznih veličina.

Ovaj proces je nešto više razradio R. A. M. a. C. E. K. iz US Bureau-a of Mines, koji je ispitivao koncentraciju ruda bakra pomoću ovog procesa. On objašnjava proces ovako: odmah u početku prženja oslobađa se hlorovodonična kiselina HCl reakcijom između soli NaCl i kristalne vode iz minerala bakra formirajući natrijumove alumosilikate. Ciklus reakcije se nastavlja formiranjem hlorida bakra pod dejstvom HCl. Ovi hloridi se razbijaju pod uticajem reduktora i vlage formirajući metalne kristale s jedne i ponovo hlorovodoničnu kiselinu s druge strane, koja ponovo stupa u reakciju.



Pri ispitivanju gasova ne pojavljuje se ugljen-monoksid, što dokazuje da ugljenik potpuno oksidiše dajući produkat CO_2 . Bez sumnje se dešavaju i neke druge sporedne reakcije.

Glavni hemijski proces je redukcija oksida pomoću reduktora uz posredstvo soli, koja služi kao reagens za isparavanje (volatilizing agent).

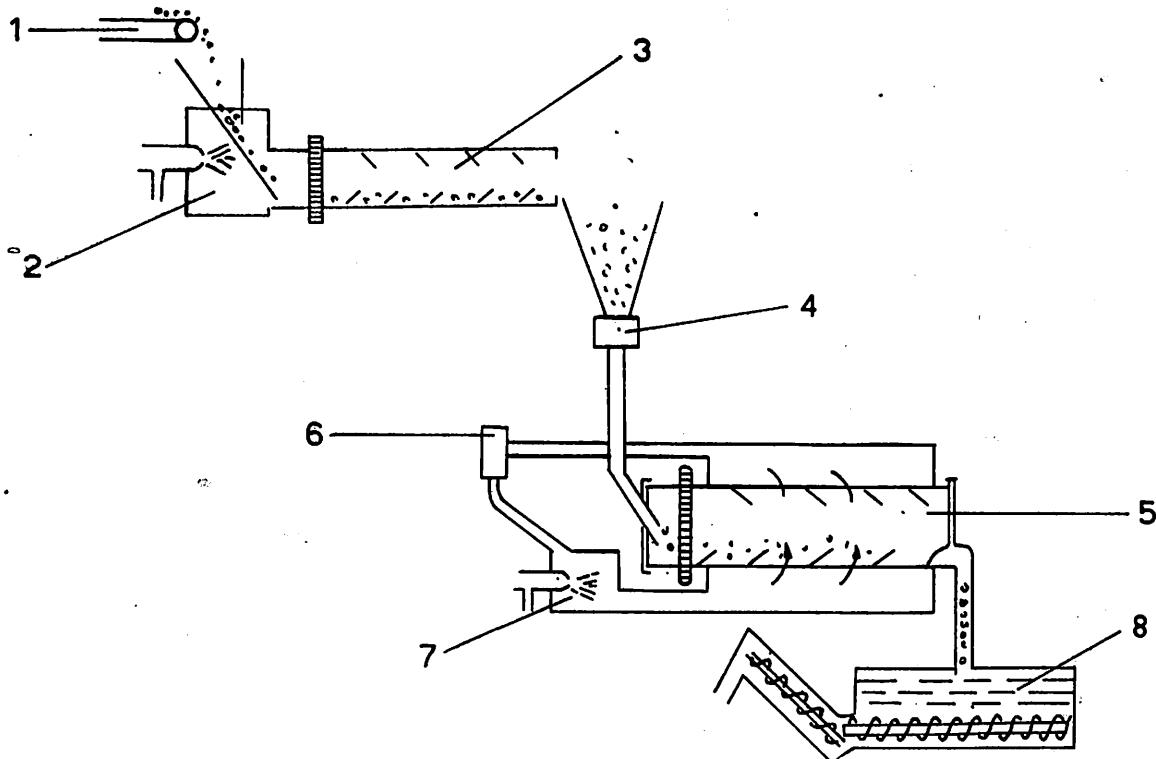
Lako je utvrditi da reakcija slabiji ili potpuno prestaje u odsustvu soli ili drugih alkali hlorida. Kiseonik mora biti potpuno isključen iz kontakta sa šaržom prilikom segregacionog prženja. Time se izbegava sagorevanje reduktora (ugljene prašine, mlevenog koksa ili drvene piljevine). Takođe se primećuje, da sama mešavina soli i rude u atmosferi ugljen-monoksida ne daje nikakve rezultate, jer reduktor u vidu gasa ne sadrži nuklee za precipitaciju i rast bakarnih kristala iz pare bakarnog hlorida.

Ugalj kao reduktor melje se do finoće 100 meša, dok koks može biti krupniji — 20—40 meša. Prilikom ovih opita upotrebljene su laboratorijske rotirajuće retorte, mada se opiti lako vrše i u posudama u stanju mirovanja.

Uredaj se sastoji od čelične posude — retorte u koju se stavlja šarža: ruda, so i reduktor (ugljeni prah). Dobro zatvorena retorta zagreva se pomoću spoljnog zagrevajućeg sredstva u stanju mirovanja. Posle hlađenja retorta se otvara i ruda se melje i flotira.

Nepoznate promenljive koje se traže jesu: temperatura na kojoj se šarža zagreva, vreme zagrevanja pri punoj temperaturi, količina soli i sredstva za redukciju u odnosu na rudu, vrsta reagensa, veličina zrna svih komponenata itd.

Temperaturu treba održavati na 700—780°C. Veća temperatura prouzrokuje kalcinaciju karbonata, što se neće desiti, ako



SL. 1 — Sema rotacione peći za proces segregacionog prženja.

1 — hranilica za drobljenu rudu; 2 — komora za sagorevanje; 3 — rotaciona peć I za zagrevanje rude na 1000°C; 4 — uređaj za mešanje šarže i rotaciona hranilica; 5 — rotaciona peć II sa spolnjim zagrevanjem zatvorena sa oba kraja; 6 — ventilator; 7 — komora za sagorevanje; 8 — rezervoar sa vodom za hlađenje i kvenčting proces.

1 — A sketch of the rotary furnace for the segregational roasting process.

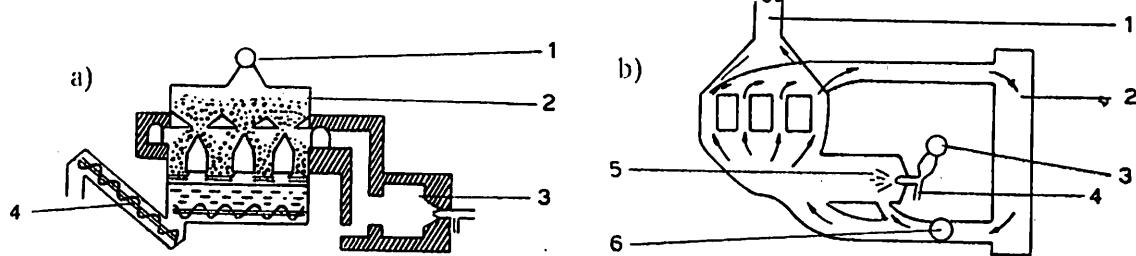
temperatura ne prelazi 800° . Vreme prženja je vrlo važan faktor za segregaciju i svakako da je početna temperatura nešto niža u početku reakcije, a na kraju se povećava do 780°C . Boja proizvoda igra važnu ulogu u određivanju, da li je šarža prepržena ili nedovoljno pržena. Ako se topla šarža dovede u kontakt sa atmosferom, može doći do oksidacije metala, ali posle hlađenja ta bojazan otpada, tako da treba šaržu hladiti bez prisustva kiseonika.

Dalji postupak flotiranja identičan je svakom drugom postupku flotiranja i jednostavan zbog visoke flotabilnosti metalnih kristalčića. Mlevenje se vrši do odgovarajuće finoće, a kao reagensi upotrebljavaju se samo kolektor i penušač. Međutim, ako se preko kristalčića metala formira oksidni film treba dodati i sulfidirajuće sredstvo radi njegovog razbijanja.

rije pre nego što one stupe u proces sa reduktorom.

Što se šarža manje kreće, to je veće iskorijenje pri segregaciji.

U Katangi se već duže vremena primenjuju rotacione peći za ovaj proces (sl. 1). Prva peć ima funkciju da rudu kao najveću komponentu dovede do temperature na kojoj se proces odvija. Ovo zagrevanje se vrši u slobodnoj atmosferi sa direktnim zagrevanjem šarže u peći (iznutra). Tako zagrijana ruda se meša sa solju i reduktorom i stavlja u drugu rotacionu peć, koja se zagревa spolja i koja je sa obe strane zatvorena pomoću vatrostalnog zaptivača. U ovoj peći odvija se proces. Hlađenje se vrši pomoću potapanja u vodu da bi se izbegla prisutnost kiseonika. Za ovaj proces mogu biti primenjene i višestepene peći.



Sl. 2 — Sema vertikalne peći sa specijalnom konstrukcijom.

a) izgled peći: 1 — povrtni gas; 2 — dovod peleta; 3 — komora za sagorevanje; 4 — spiralni transporter.
b) Šema cirkulacije gasova: 1 — dimnjak; 2 — toranj za hlađenje i kondenzaciju pare; 3 — vazduh; 4 — nafta; 5 — komora za sagorevanje; 6 — ventilator.

Fig. 2 — Drawing of the vertical furnace of special construction
a) view of the furnace; b) flowsheet of gas flocculation.

U jalovini flotacije javljaju se gubici, koji potiču od nesegregirajućeg metala kod pretходnog procesa i mogu iznositi 10—20%. Može se računati na prosečno ukupno iskorijenje metala od 85% pa i više, ako se proces pravilno odvija.

Vrste opreme za proces segregacionog prženja

Dosta je delikatan problem kod ovih peći — kako vršiti proces u atmosferi bez kiseonika i kako dobiti kontinuiran proces.

Fluostatik-peć je nepodesna, jer strujanje gasova potrebno za fluidizaciju nepovoljno utiče na proces i brzo odnosi volatilne mate-

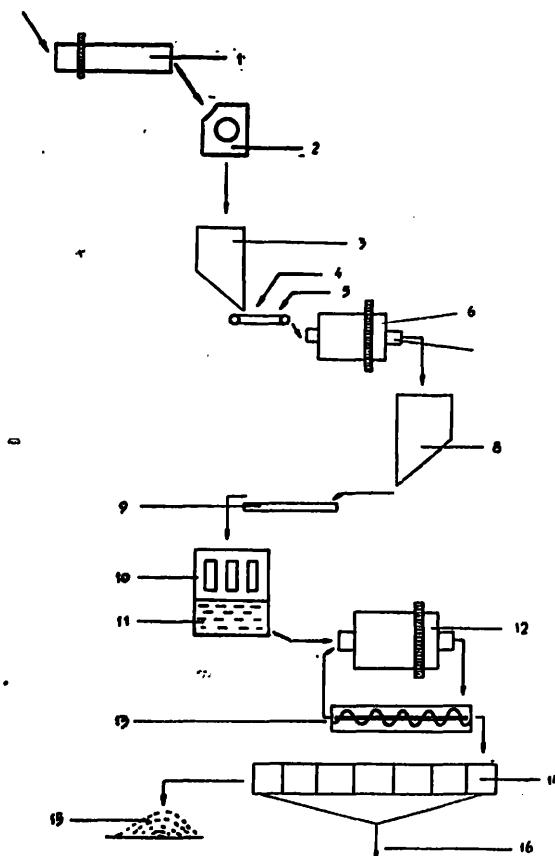
rije. U želji da se postigne što veća izolacija od vazduha i što mirniji proces bez mešanja šarže konstruisana je peć, koja je dala povoljnije rezultate u pogledu utroška kalorija i iskorijenja.

Došlo se na ideju da se izvrši peletizacija šarže, smeše rude, soli i reduktora. Svaki pelet predstavlja jednu stacioniranu jedinicu, koja iako se kreće kroz vertikalnu peć odozgo na dole predstavlja masu koja se prži bez ikakvog mešanja.

Peleti moraju biti dovoljno čvrsti da se ne drobe prilikom prolaska kroz peć, za što je potrebno prilično usitnjavanja šarže da bi se dobila prisutnost superfinih čestica za cementaciju peleta.

Oni ne smeju da budu suviše veliki da ne bi došlo do razlike u toplosti između njihove periferije i jezgra, a i da bi se dobio maksimalan kontakt sa toplim gasovima.

Najpovoljnija je veličina prečnika $\frac{1}{2}$ ". Kako se vertikalna peć mora zagrevati gasovima iznutra, a ona je najpovoljnija za pelete, onda ovi gasovi ne smeju sadržavati kiseonik. To se postiže potpunim sagorevanjem goriva tj. dodavanjem određene količine vazduha da bi se dobilo puno sagorevanje i da vazduh ne bi bio u suvišku. Ovi gasovi treba da sadrže čisti ugljen-dioksid, vodenu paru i azot. Peć je vertikalnog tipa specijalne konstrukcije (sl. 2). Izlazni gasovi šalju se



Sl. 3 — Šema procesa u poluindustrijskom postrojenju rudnika Berenguela.

1 — rotaciona sušara; 2 — udarna drobilica; 3 — bunker drobljene rude; 4 — so(NaCl); 5 — reduktor; 6 — mljin sa šipkama; 7 — otvoren krug; 8 — bunker mlevene rude; 9 — uređaj za peletizaciju; 10 — peć za prženje; 11 — rezervoar sa vodom; 12 — kuglični mljin; 13 — spiralni klasifikator ili hidrociklon; 14 — flotacione celiće; 15 — jalovina; 16 — koncentrat.

Fig. 3 — Flowsheet of the pilot plant at the Berenguela mine.

u zatvoren krug radi mešanja sa svežim gasom iz sagorevajuće komore.

Poluindustrijsko postrojenje na principu ove peći kapaciteta 1 t na sat radi u Peruu (The Lampa Minig Co, Berenguela Mine). Ruda je manganska sa sadržinom 1,5% bakra u vidu manganata. Ovim uređajem bakar je potpuno izdvojen iz mangana sa iskorišćenjem od 90% na bakru.

Peć se sastoji od nekoliko uzanih vertikalnih prolaza za pelete kroz koje prolaze topli gasovi odozdo na gore. Na dnu svakog prolaza — šahte nalazi se čvrsta platforma šira od prečnika šahte, na kojoj stoje peleti. Pomoću specijalnog uredaja-poluge, koji je vatrostalan, guraju se peleti sa platformi u rezervoar za hlađenje vodom. Ovim uređajem rukuje se spolja i reguliše kapacitet peći odnosno vreme prženja pelete. Sl. 2 prikazuje cirkulaciju gasova. Komora u kojoj se vrši sagorevanje daje gasove visoke temperature, koji se hlađe povratnim gasovima u komori za mešanje pre stupanja u proces. Takav mešani gas treba da ima temperaturu od oko 750°C . Nešto povratnog gasa dodaje se i u samu komoru za sagorevanje kako bi se izbeglo pregrevanje. Gasovi prolaze kroz specijalne kanale koji ih dovode u kontakt sa peletima u vertikalnim šahtama. Peleti polako silaze dole, a gasovi, zagrevajući ih, polako se hlađe i dižu.

Jedan deo gasova hvata se pomoću ventilatora i šalje u zatvoren krug u komoru za mešanje, a višak odlazi kroz manifold i dimnjak u atmosferu. Na šemi se vidi toranj, koji služi za hlađenje povratnih gasova, kako bi se u njima smanjio sadržaj vodene pare. Ovde se mogu primeniti i prskalice sa vodom. Ako ima mnogo vodene pare, ona se kondenzuje na hladnim peletima na vrhu peći i prouzrokuje gubitak kalorija za ponovno ispiranje.

Kod ove peći važno je vršiti analizu gasova i meriti sadržaj CO_2 , O_2 i CO . Ova dva poslednja gase neće se pojavljivati, ako je pravilno sagorevanje gasova u komori. Posle hlađenja pomoću vode dobija se na dnu rezervoara mulj sa prisustvom fragmenata peleta. Spiralni konvejer diže ovaj mulj iznad nivoa vode da bi ga poslao na flotiranje.

Prednost ove peći nad ranijim je, da se potrošnja kalorija smanjuje za 2 puta. Ipak se može reći da je proces znatno komplikovaniji od procesa rotacionih peći.

Proces proizvodnje

Na sl. 3 data je šema procesa poluindustrijskog postrojenja podignutog u rudniku Berenguela u Limon Verde-u, Peru.

Ruda se prethodno suši radi suvog mlevenja do ggk 100 meša zajedno sa solju i reduktorom.

U rotacionu sušaru ruda ulazi sa gg krupnoćom od 6". Suva ruda se drobi do ggk 1/8". Drobiljenoj rudi se dodaje određena količina soli i reduktora i zajedno se sve melje u cilindričnom mlinu do 90% minus 100 meša. Ovako fino mlevenje potrebno je radi dobijanja dovoljne količine superfina praha minus 400 meša, koji je važan za peletizaciju.

Uredaj za peletizaciju sastoji se od rotacionog stola pod nagibom kojim se određuje veličina peleta.

Peleti idu na prženje u peć koja je prethodno opisana. Mulj odlazi u kuglični mlin za mlevenje u spregu sa spiralnim klasifikatorom ili hidrociklonom. Kao reagensi upotrebljavaju se samo ksantat i penušač radi visoke flotabilnosti metalnih čestica. Flotiranje se vrši u bazičnoj pulpi, a reagens sredine je nepotreban, jer je samo pulpa posle prethodnog procesa bazična pH 8,5.

Upotrebom rotacionih peći šema se menja, jer je nepotrebna peletizacija a možda i prethodno mlevenje. Može se reći da je različita šema procesa potrebna za razne sirovine.

Prvo pitanje je finoča mlevenja u pripremi sirovine za prženje. Ako se ne vrši peletizacija, prisustvo superfine frakcije je nepotrebno. Ako bi se ovim procesom tretirale šljake zbog njihove poroznosti nepotrebno je prethodno fino mlevenje, a tim otpada i prethodno sušenje sirovine.

Kako je zamišljena šema za preradu šljake ovom metodom vidi se na sl. 4.

Višestepena udarna drobilica usitnjavalala bi sirovinu do ggk 1/16" ili još niže i to bez prethodnog sušenja. Drobiljenje bi se vršilo u otvorenom krugu.

Takva sirovina išla bi odmah u proces segregacionog prženja uz primenu rotacionih peći. Iako bi na ovaj način potrošnja goriva bila veća i iskorišćenje nešto niže, uštedelo bi se prethodno sušenje, mlevenje i peletizacija.

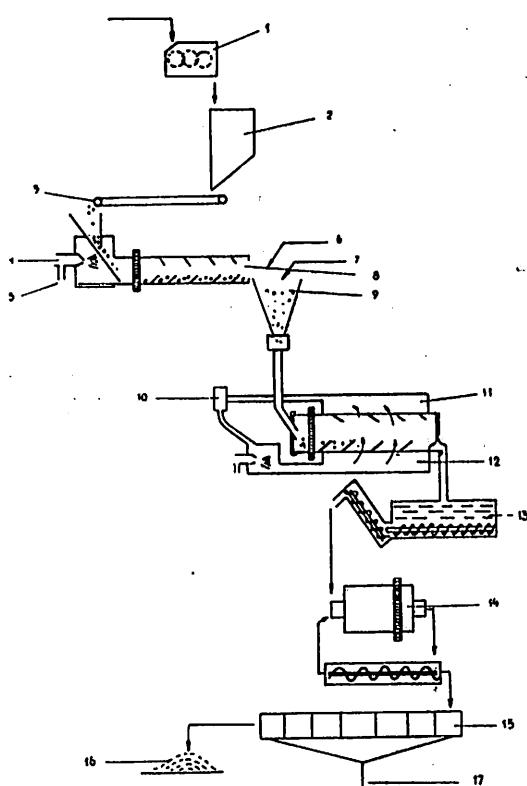
Ako se ovom metodom prerađuju stare halde i šljake, koje imaju u sebi dovoljnu sadržinu metala da podmiri ove troškove procesa, onda proces može biti u potpunosti primjenjen.

Kao primer uzimaju se antimonske šljake sadržine od 2% Sb.

Jedna tona antimonovog koncentrata od 50% Sb ima vrednost od 180.000 din.

Ako se radi o šljaci sa 2% Sb uz iskorišćenje od 80%, za jednu tonu koncentrata potrebno je oko 30 t sirovine.

Stvarna vrednost ovakve šljake uz mogućnost njene valorizacije ovom metodom iznosi 6.000 din, a ako ovaj proces nije skup-



Sl. 4 — Šema za preradu šljake.

1 — višestepena drobilica; 2 — bunker drobljene rude; 3 — hranilica; 4 — vazduh; 5 — nafta; 6 — so (NaCl); 7 — reduktor; 8 — rotaciona peć I; 9 — uređaj za mešanje šarže i rotaciona hranilica; 10 — ventilator za povratne gasove; 11 — rotaciona peć II; 12 — spoljnje zagrevanje; 13 — bazen za kvenčing proces; 14 — mlin; 15 — floto-ćelije; 16 — jalovina; 17 — koncentrat za filtriranje.

Fig. 4 — Flowsheet of slag treatment.

lji od 6.000 din/t onda se šljaka može ekonomično prerađivati ovom metodom. Takvih šljaka kod nas u Zajaci ima nekoliko stotina hiljada tona sa sadržinom metala preko 2%.

Mogućnost primene ove metode i na ostale pomenute metale treba prostudirati naročito ako se radi o starim haldama koje nisu

opterećene troškovima proizvodnje, a ne mogu se tretirati drugim metodama radi njihovog mineraloškog sastava i fizičkih osobina.

Ovaj proces može se primeniti i na izdvajanje štetnih primesa pomenutih metala u rudama koje imaju veću vrednost da bi se mogle ovom metodom tretirati.

SUMMARY

Feasibility of Concentration of Antimony Oxides from Slags and of Oxides of some other Metals from Ores which cannot be treated by Flotation or by wet Processes.

D. Marunić, Min. Eng.*)

The process of segregational roasting is exposed in the paper with description of equipment, necessary for carrying out such a process.

Detailed account of the process itself is given. The horizontal and vertical furnaces are fully described, a flowsheet of gas flocculation is given, together with flowsheets of the pilot plant on the Berenguela mine.

Literatura

Pollard, Pease, M., 1960: Extraction of Copper and Silver by the Segregation Process in Peru. — Bul. of Mining and Met. No. 646, London.

Rampacek, 1959: Treating Oxide and mixed Oxide — Sulfide Copper Ores by the Segregation Process. — US Bureau of Mines No. 5501.

Taggart, A., 1953: Handbook of Mineral Dressing. Ores and Industrial Minerals. — New York.



*) Dipl. ing. Đura Marunić, Phosphate Mines, Amman, POB-30, Jordan.

Problemi proizvodnje i potrošnje glina — osvrt na gline Prijedorskog basena

Dipl. ing. Čedomir Pešić

Jedan od prvih materijala, uzet neposredno iz prirode, koji je čovek počeo da primenjuje, je glina ili bolje rečeno razne vrste glina. One su primenjivane u raznim epohama u najrazličitije svrhe. Primena glina u životu i primitivnog i civilizovanog čoveka igra sasvim određenu ulogu. One su primenjivane za izradu posuđa, ukrasnih predmeta u ribarstvu, rudarstvu, metalurgiji, širenju pismenosti i kulture, umetnosti itd.

Nesumnjivo da danas gline imaju svestraniju primenu u tehnici nego ikada ranije, pa kao logična posledica te činjenice proizvodnja i potrošnja glina u svetu neprekidno raste. Veoma je obimna lista proizvoda i procesa u kojima se danas gline koriste u većem ili manjem obimu.

Bez osvrтанja na proizvodnju, potrošnju i primenu glina u ostalom svetu interesantno je sagledati taj razvoj, bar u grubim crtama, u našoj zemlji.

Potrebno je primetiti da se prethodni brojevi odnose na vatrostalne sirove gline i da tom statistikom nisu obuhvaćeni ostali glinasti minerali. Stvarna proizvodnja i potrošnja glina je znatno veća, jer prethodnim brojevima treba dodati proizvodnju ostalih

vrsta glina (kaolina, bentonita, pirofilita itd.). Pored proizvodnje koja se može registrovati postoji prilično razvijena (po ukupnom obimu) individualna proizvodnja ili bolje reći divlja proizvodnja glina, koja se ne može registrovati.

Tablica 1
Proizvodnja sirovih vatrostalnih gline u t

Godi- na	SFRJ	BiH	Hrvat- ska	Slove- nija	Srbija
1939.	11.600	600	—	5.000	6.000
1946.	10.444	1.230	—	—	9.214
1947.	22.013	2.081	1.181	—	18.751
1948.	42.396	2.352	2.459	2.017	35.568
1949.	76.751	3.016	2.508	6.578	64.649
1950.	66.582	2.151	7.164	5.658	51.609
1951.	52.368	1.139	5.526	3.010	42.493
1952.	56.193	2.113	1.357	2.965	49.758
1953.	66.561	1.661	268	7.278	57.356
1954.	76.394	1.567	4.118	8.043	62.598
1955.	118.938	3.446	4.130	17.017	94.345
1956.	101.472	3.328	7.105	20.118	70.921
1957.	92.718	3.582	6.964	7.773	74.398
1958.	106.324	4.174	16.151	7.167	78.832
1959.	120.618	6.679	17.813	7.256	88.870
1960.	132.777	11.815	24.831	5.278	90.853
1961.	152.264	9.237	31.230	6.365	105.432
1962.	144.707	8.474	25.860	6.144	104.229
1963.	210.346	8.558	65.521	8.497	127.770

Statistički podaci za vatrostalne gline pokazuju da, i pored blagih padova proizvodnje u pojedinim godinama, postoji ukupan neprekidni porast proizvodnje. Sasvim je sigurno da se u narednom periodu mora očekivati još brži tempo proizvodnje s obzirom na razvoj koji se očekuje u privredi.

Slika bi bila potpunija, kada bi se uzeo u obzir i uvoz gline, paljenih gline i kaolina. Ovaj uvoz je npr. 1962. g. iznosio 55.054 t u vrednosti 407,03 miliona deviznih dinara (računato 1 \$ = 300 din).

Kao osnovni problem koji se ovde želi osvetliti je pitanje dalje perspektive proizvodnje i potrošnje gline u našoj zemlji.

Ovaj osnovni problem povlači za sobom i neka pitanja koja traže odgovor. Ta pitanja su:

— da li u našoj zemlji postoje dovoljne količine gline da bi se mogla planirati veća proizvodnja i potrošnja u privredi zemlje?

— kakvi su ekonomski aspekti proizvodnje, potrošnje i izvoza gline?

— kakva je sadašnja situacija rudnika, postojećih i potencijalnih, u pogledu opremljenosti i mogućnosti da se proizvodnja kvalitetno i količinski podigne na viši nivo?

Odgovori na ova pitanja zahtevali bi mnogo više prostora i vremena nego što je to sada moguće. Pa ipak, moguće je u nešto uopštenom obliku i pružiti neke odgovore.

Da se odgovori na prvo pitanje potrebno je prethodno definisati šta su to gline.

Obzirom na to, da postoji više klasifikacija i bogata literatura o glinama, to je razumljivo da ima i veoma oprečnih mišljenja o glinama, naročito po pitanju klasifikacije, postanka, metoda ispitivanja, metoda upotrebljivanja i primene, to se neće mnogo pogrešiti ako se prihvati bilo koja podela od onih koju danas koriste praktičari. Jedna od takvih podela (glinasti minerali) data je na tab. 2.

Tablica 2

grupa		minerali
1	kaoliniti	nakrit dikit kaolinit haloizit endelit
	haloiziti	
2	montmoriloniti	montmorilonit bajdelit nontronit saponit vermikulit
3	iliti	ilat
	hloriti	
4	mešoviti minerali	kaolinit/muskovit (monotermit) vermikulit/biotit vermikulit/montmorilonit ilat/montmorilonit ilat/hlorit ilat/montmorilonit/hlorit
5	atapulgiti	atapulgit
6	aofani	aofan

— da li su, ukoliko postoje dovoljne količine, te gline takvog kvaliteta da obezbeđuju odgovarajuću sigurnost u tehnološkim procesima u kojima bi se primenjivale?

— da li su kvalitet i količine takve da omogućuju i planiranje izvoza u prirodnom ili prerađenom stanju?

Prvih 5 grupa su kristalne strukture, a poslednja amorfne.

Možda bi nam, u prvom momentu, klasifikacija gline po nameni potrošnje bila prikladnija — iako bi takva klasifikacija bila ipak necelishodna. Privremena klasifikacija mogla bi izgledati ovako:

- glinasti minerali upotrebljivi u industriji vatrostalnog materijala
- glinasti minerali upotrebljivi u industriji grube keramike
- glinasti minerali upotrebljivi u industriji keramike i elektrokeramike
- glinasti minerali upotrebljivi u hemijskoj industriji
- glinasti minerali upotrebljivi u građevinarstvu, rудarstvu, metalurgiji, itd.

Za svaku od navedenih grupacija mogla bi se napraviti lista osobina koje se zahtevaju za gline. Na primer, još 1914. g. nemacki proizvodači vatrostalnog materijala klasificirali su gline u sledeće grupe:

- lakotopive ispod 1350°C (SK12)
- teškotopive $1350 - 1580^{\circ}\text{C}$ (SK12 — SK26)
- vatrostalne $1580 - 1730^{\circ}\text{C}$ (SK26 — SK33)
- visoko vatrostalne iznad 1730°C (iznad SK 33).

Po JUS B. D6. 100 vatrostalni materijali su oni, čija vatrostalnost leži na i iznad 1580°C , tj. na i iznad SK 26, a da je pri tom vatrostalnost određena po JUS B. D8. 301. U zavisnosti od stepena vatrostalnosti, vatrostalni materijali se dele na:

- obično vatrostalne, čija vatrostalnost leži od 1580 do 1770°C uključivo, tj. od SK 26 do SK 35
- visoko vatrostalne, čija vatrostalnost leži od 1770 do uključivo 2000°C , tj. iznad SK 35 do SK 42
- specijalno visoko vatrostalne, čija vatrostalnost leži iznad 2000°C tj. iznad SK 42.

Definisati gline nije jednostavno, ali i pitanje je da li je svrshodno, jer gline, kao uostalom, i mnoge druge vrste materijala, imaju čitav niz osobina koje ih karakterišu. Jedan deo tih osobina u određenim oblastima primene može biti bez ikakvog značaja, a u drugim oblastima od presudnog značaja. Na primer, vatrostalnost gline u nekim granama hemijske industrije nema savršeno nikakvog značaja dok je ta ista osobina u proizvodnji vatrostalnog materijala i nekim vrstama keramike veoma važna.

Skoro svako nalazište gline predstavlja određenu specifičnost u odnosu na ostala nalazišta, što je posledica načina postanka glinastih minerala — gлина pa bilo da se radi o postanku gline raspadanjem mladih ili starih eruptivnih stena. Takođe se na jednom te istom nalazištu nalaze različiti kvaliteti gline.

Klasifikacija gline, prema vrstama minerala iz kojih se sastoje, često nema nikakav praktičan značaj u odnosu na praktičnu primenu gline. Naprotiv, u nekim slučajevima poznavanje minerala od kojih je gлина sastavljena je od prvorazredne važnosti za primenu gline. Možemo prihvati bilo koju klasifikaciju i bilo koje metode ispitivanja odnosno utvrđivanje karakteristika — ali nikada ne bi smeli ispustiti iz vida okolnost da je svaka gлина upotrebljiva za neku svrhu.

Potrošači gline u velikom broju slučajeva nemaju tačnu predstavu o tome kakva im vrsta gline sasvim tačno odgovara. Ovu činjenicu je bar kod nas lako razumeti i pored činjenice da imamo preduzeća-potrošače gline stara i 150 godina. I ratovi su učinili da je i ono iskustvo, koje se možda imalo, zanemareno. Sa druge strane, postoji čitav niz novih preduzeća (potrošača gline) koja jedva da su sastavila deceniju svoga postojanja. Kroz ta preduzeća prodefilovali su brojni stručnjaci, ali je mali broj onih, koji su mogli studiozno da rade na problemu primene gline.

Možemo se utešiti da i u inostranstvu ne-maju mnogo ljudi, koji se ovom problematikom bave i pored toga što su za poslednjih pola veka napisane brojne studije i usavršene razne metode za ispitivanje gline.

Analogno potrošačima ni proizvođači nemaju tačnu predstavu o tome šta proizvode i šta nude.

Obično se predstava o robi — glini stiče preko radova pojedinih instituta ili pak preko analiza koje obavljaju sami potrošači, pa se ti radovi prezentiraju u obliku „atesta”, koji praktično imaju vrednost samo za ispitano količinu, a ne i za količine koje se stvarno proizvode i prodaju.

Uzrok navedenim činjenicama je slaba opremljenost proizvođača gline kako tehničkom opremom tako i kadrovima, a ovo je opet posledica sledećih činilaca:

- niske prodajne cene

— neistražene i nedovoljno utvrđene rezerve

— nestabilnog tržišta i teškog plasmana što je poledica nejasne perspektive koja prvenstveno proističe iz nejasne orientacije fabrika-potrošača.

Gline (i kaolini) se uvoze u ne baš malim količinama i u priličnoj vrednosti. Logično je, da se, ukoliko se rešava na pravilan način proizvodnja domaćih sirovina, taj uvoz može smanjiti, u protivnom možemo i ovde očekivati brz porast izdataka deviza.

Ako su sve konstatacije tačne, onda je očigledno da se nešto mora preduzeti da bi se proizvodnja i potrošnja glina odvijale na celishodniji način. Možda bi se moglo na osnovu brojeva zaključiti da je razvoj proizvodnje i potrošnje glina bio povoljan. Međutim, brojevi o porastu uvoza glina, paljenih glina i kaolina to negiraju (nije reč samo o nedostatku kapaciteta za paljenje gline ili o nedostatku nalazišta kaolina). Takođe, teškoće korisnika glina u poslednjoj deceniji i oko kvaliteta i oko količina nisu za potencijivanje.

Nešto uopštena i oštire formulisana situacija je sledeća:

— nalazišta glinastih minerala u SFRJ su skoro bezbrojna,

— tačne rezerve tih nalazišta su samo delimično utvrđene i to najčešće kao vanbilansne,

— ukupno utrošena finansijska sredstva za istraživanje i utvrđivanje rezervi za poslednjih 15 godina sigurno da nisu beznačajna, ali su bila prilično rasparčana, baš zbog toga što ima veliki broj i nalazišta i interesanata,

— utrošena sredstva za tehnološke probe nisu u srazmeri sa sredstvima koja su data za istrage. Potrošače glina tektonika i geneza skoro savršeno ništa ne interesuju.

Otvaranje i eksploatacija rudišta, izuzev kod onih kod kojih to nije slučaj, su na najnižem mogućem nivou. Kvalitet proizvoda skoro isključivo zavisi od prirodnih okolnosti te je zbog toga kvalitet isporučenih glina veoma promenljiv.

Zbog promenljivog kvaliteta glina potrošači-fabrike imaju raznih neprijatnih teškoća u fabrikaciji. Teškoće i štete znatno premašuju vrednost plaćenih sirovina.

Proizvođači glina samo formalno garantuju kvalitet (ukoliko je definisan), a ta garancija je obično pokrivena atestom koji stvarno nema veze sa onim što se isporučuje.

Zbog teškoća oko kvaliteta i rokova fabrike imaju ambiciju da se same bave rudarenjem radi obezbeđenja sirovina. To postižu ili integracijom ili oformljenjem sopstvenih rudarskih pogona.

Rudnici-proizvođači glina, zbog nepouzdane potrošnje i zbog neodređene perspektive (jer smatraju da ih fabrike nepotrebitno pritiskuju za kvalitet-karakteristike sirovina-za koje oni nisu odgovorni već priroda nalazišta) žele da se oslobođe potrošača na taj način, što bi na licu mesta ili u neposrednoj okolini (u okviru komune) podigli odgovarajuću fabriku koja bi te sirovine trošila.

Tom prilikom ispušta se iz vida činjenica, da bi se i ta fabrika - ukoliko bi do njene realizacije došlo — našla pred istim tehnološkim problemima kao i sve ostale.

Stručni i rukovodeći kadar u fabrikama, obzirom na iskustva sa domaćim proizvodčima sirovina radije bi kupio (i kupuje) sirovine u inostranstvu, smatrajući da, iako te sirovine više koštaju, bar rešavaju pitanje ujednačenog kvaliteta.

Preduzeća, koja sada imaju sopstvene rudnike, imaju u odnosu na ostale potrošače bar tu prednost da mogu imati prioritet u rokovima isporuke i u količinama — a za ostale kad se stigne. Što se tiče pitanja kvaliteta, tu se situacija obično ne menja, a problemi koji se tom prilikom javljaju obično ostaju u kući.

Rudnici zbog male proizvodnje ili ne mogu da ulažu u dalje istrage ili su dezorientisani, obzirom da su potrošači nesigurni u svojim zahtevima i planovima. Eventualna prerada ili oplemenjivanje zahtevaju takve investicije da prevazilaze finansijsku a često i kadrovsку snagu rudnika.

Fabrike imaju znatnih ambicija za povećanje svoje proizvodnje, ali pitanje sirovina uvek ostaje kao jedno od otvorenih pitanja, koje će se nekako rešavati prema dатој situaciji.

Tehnološki problemi u fabrikama, u velikom broju slučajeva, proističu baš zbog neujednačenog kvaliteta sirovina. Ima fabrika koje skoro i da ne obavljaju kvalitetni prijem sirovina, s obzirom da se radi o velikim

količinama tj. velikom broju vagona; te bi detaljna ispitivanja odnosila i dosta rada i dosta finansijskih sredstava pa ta ispitivanja obavljaju tek za po neki vagon. Tamo gde se ispituje svaki vagon, kroz analize se lako utvrđuju varijacije, ali to na tome i ostaje, jer se smatra da te varijacije mogu biti dopuštene i da će se skladištenjem (ukoliko postoji veće skladište) napraviti takva mešavina, da se ekstremi neće osetiti. Često se mora primiti i takav vagon čija sadržina očigledno ne zadovoljava. Konačan zaključak je, da fabrike nisu snabdevene sirovinama ujednačenog kvaliteta. Zbog ove činjenice ne treba se čuditi činjenici da gotovi proizvodi fabrika imaju neujednačen kvalitet. Ovde se ne tvrdi da su samo sirovine uzrok neujednačenom kvalitetu gotovih proizvoda, već da neujednačene sirovine imaju svoj uticaj.

Zbog neutvrđenih stvarnih rezervi glina na pojedinim rudištima, ne samo obzirom na količinu već i kvalitet — fabrike su se ustručavale da ulažu sredstva i vreme u tehnološke probe širih razmara. Tako su obično rađene laboratorijske ili poluindustrijske probe kao sredstvo improvizacije, da bi se brzo proverilo da li se neka sirovina može bez štete po redovni tok proizvodnje primeniti. Posledica ovakvog stila rada je obično boljšak ili šteta u kasnijoj primeni. Taj boljšak ili šteta kasnije se obično pripisuju sasvim drugim činiocima a ne sirovinama.

Odnosi rudnik — fabrika u najčešćem broju slučajeva nisu na odgovarajućoj visini, a što je posledica, sasvim logična, ranije navedenih činilaca.

Sve što je do sada izloženo ne bi imalo nikakve svrhe, ukoliko se ne bi predložila bar neka rešenja koja bi mogla kvalitetno da izmene situaciju. Pod pretpostavkom da za to postoji obostrani interes predlažu se sledeći stavovi:

— potrošači se moraju odreći konцепције o jeftinoj nabavci sirovina (zahtevati odgovarajući kvalitet, kao uvozni, ali i platiti kao i uvozne sirovine);

— proizvođači sirovina moraju se odreći dosadašnjeg stila rada kako na rudnicima tako i u odnosu na potrošače;

— proizvođači sirovina moraju uložiti raspoloživa sredstva u opremu i kadrove. Potrošači u ovome treba da učestvuju ili preko cene sirovina ili sa direktnim ulaganjem;

— saradnja i veza između potrošača i proizvođača sirovina mora biti čvrsta i dugo-ročna;

— potrebna je pomoć i razumevanje nadležnih organa.

Ako bi se navedeni stavovi prihvatili bila bi moguća, već u toku iduće godine, znatno povoljnija situacija u odnosu na onu koja danas postoji.

Osnovne koncepte sastoje se u sledećem:

— odreći se ideje (koja je danas propisima zagarantovana) brze cirkulacije obrtnih sredstava rudnika. Ovo znači, da rudnici u svakom trenutku treba da imaju zalihe jedno ili dvogodišnje proizvodnje. Znači, rudnici bi morali izgraditi skladišta na takvim mestima, koja su pogodna i za eventualnu preradu ili oplemenjavanje sirovina, a i da su na pogodnim mestima za dopremu a načito otpremu sirovina u toku cele godine.

— Cilj izgradnje skladišta, koja bi mogla primiti količine od više hiljada tona, sastoji se u tome, da se u ovim skladištima izvrši klasifikacija otkopanih glina i da se skladištenje obavi na način koji garantuje ujednačavanje kvaliteta otkopanih sirovina.

U ovim skladištima glina bi se razdelila najpre po gruboj oceni kvaliteta (npr. prema boji, sadržini slobodnog kvarca, granulo-metrijskom sastavu itd.). Samo skladištenje obavljalo bi se na taj način, što bi se prispele količine rasturale u horizontalnim slojevima po što većoj površini. Visina uskladištenja može iznositi 1—3 m i više. Kada se ovakvo jedno skladište napuni — a ono bi trebalo da zaprema bar 2 do 500 t sirovina, onda bi se pomoću cevnih uzimača uzoraka iz odgovarajućeg broja mesta izuzela dovoljna količina uzoraka. Razume se, da količina uzoraka mora biti reprezentativna količina o kojoj se radi. Uobičajenom metodom četvrtanja dobile bi se potrebne količine za sva ispitivanja koja se traže. Za ovaku količinu (od više hiljada tona) ima razloga da se obave i tehnološke probe. Rezultati ovakvih ispitivanja od strane specijalizovanih instituta i preduzeća bili bi sasvim ozbiljna i sigurna garancija za potrošače. „Atesti” dobijeni na ovakav način ne bi bili formalnost kojom se umiruje savest i rudnika i fabrika. Na ovaj način potrošač bi imao punu sigurnost da će u odgovarajućem vremenskom periodu imati sasvim ujednačen kvalitet. (U zavisnosti od visine „za-

"robljenih" obrtnih predstava mogu se obezbediti i višegodišnje zalihe ovako standardizovanih sirovina).

Ovakva mera — izgradnja skladišta — nužna je zbog toga, što su veoma retki slučajevi u prirodi da su veće količine glina u nalazištima ujednačene po kvalitetu. Poznati inostrani isporučiocu glina uvek ističu činjenicu o ujednačenom kvalitetu njihovih isporuka ilustrujući to slikama skladišta i uređaja za mešanje i oplemenjavanje sirovina. Kod nas smatra se kao znatan napredak, ako se sa ručnog rada otkopavanja prešlo na mehanički i ako se ručno guranje kolica zamolio motornim.

— U poslednjim godinama prevazišli smo averziju prema domaćim sirovinama i odrekli smo se želje da u našim planinama tražimo sirovine koje se ne mogu naći, jer ono što smo u svoje vreme uvozili u znatnim količinama i nije jedna sirovinu već su to obično bile mešavine sa više nalazišta a sa jednim nazivom. Prevaziđene su i koncepcije da se neke vrste proizvoda (na primer elektroporculan) moraju praviti baš od sirovina kao što su kaolin, kvarc i feldspat i to ne onakve kakve se mogu naći u našim brdima, već onakvim kakve su u inostranstvu. Ne jednput je bio slučaj da su sirovine koje su kod nas smatrane niže vrednim i nekvalitetnim-posle ispitivanja u inostranstvu dobile potvrdu o odličnom kvalitetu i vrlo brzo postajale relativno dobro plaćena izvozna sirovinu.

— Izgradnja skladišta i povećanje zaliha u svrhu ujednačavanja kvaliteta sirovina bio bi samo prvi korak, koji bi se morao preduzeti. Sledеći koraci bi morali biti standardizacija i kategorizacija glina selektivnim izdvajanjem i mešanjem u određenim proporcijama. Često se vanredno kvalitetne gline „tope” u gline nižeg kvaliteta pa se dolazi do pogrešnog zaključka da možda ne raspolaćemo kvalitetnim glinama.

— Postepeno prolazi vreme kada se smatralo da je dovoljno glinu iskopati, utovariti u vagon i poslati fakturu za naplatu. Zbog sve uže podele rada i zbog sve većeg razvoja naročito hemijske industrije kod nas, sve više se oseća deficitarnost preradnih sirovina. Zbog nedostatka skladišnog prostora u industriji vatrostalnog materijala, keramike i elektrokeramike sa jedne strane i sve veće

proizvodnje s druge strane, oseća se potreba da se sirovina u „gotovom” obliku doprema do potrošača. To u gotovom obliku obično znači u suvom i mlevenom stanju na određenu granulaciju — ovo je za hemijsku industriju skoro imperativ. Poznato je da je broj postrojenja, koja mogu obaviti finu meljavu, kod nas veoma mali. Uz to njihov kapacitet je takav, da predstavlja već sada sasvim ozbiljnu smetnju za dalji razvoj i hemijske industrie papira.

— Može se spomenuti da su iz inostranstva često tražene gotove, pripremljene keramičke mase (na primer, za proizvodnju presovanog elektroporculana), a da naša preduzeća nisu bila u stanju da reše ni svoje probleme, a još manje da ovakve pripreme obave za drugoga.

— Sušenjem i paljenjem glina na rudništima ili u njihovoj neposrednoj blizini smanjio bi se i nepotrebni transport vode. Od 1946. g. do danas (po statistici) proizvedeno je 1,661.466 t vatrostalne gline. Drugim rečima, transportovano je u raznim smerovima i dužinama oko 300.000 t vode. Ovde nije uzet u obzir kaolin, bentoniti i nevatrostalne gline.

— Prerada-sušenje glina sa povoljnim granulometrijskim sastavom može se obaviti u ne tako komplikovanim postrojenjima kao što su atomizeri.

Sve u svemu, krajnje je vreme da se sa proizvodnjom gline ozbiljnije pozabavimo ne samo zbog problematike domaćih fabrika, već i zbog odličnih mogućnosti za izvoz, jer su preliminarne isporuke i kontakti pokazali, da naše gline i te kako mogu biti plasirane i to u zemljama konvertibilnih valuta.

Osvrt na gline Prijedorškog basena

Rečeno je da su nalazišta glinastih minerala u SFRJ skoro bezbrojna. Jedno od takvih nalazišta je i Prijedor sa svojom blizom i daljom okolinom. Još stari Sloveni, prema arheološkim nalazima iz IX pa i IV veka, znali su da koriste u izvesnoj meri nalazišta gline. Ne bi se smelo reći da su postojala obimnija rudništa, niti pak da je eksploatacija bila na visokom nivou. Ni da-

nas ta eksploatacija nije na nivou na kome bi morala biti. Eksploatacijom su se bavili (a i danas) individualni seljaci i zanatlige, a poslednjih desetak godina i neka preduzeća i zemljoradničke zadruge. Neke gline su još pre rata izvožene za Čehoslovačku a posle rata u Italiju.

U prvom petogodišnjem planu bila je predviđena izgradnja industrije sanitarne i građevinske keramike na bazi glina Prijedorškog basena. Projekti i ostala dokumentacija nalaze se u arhivi EKK i danas. Međutim, izgradnja fabrike celuloze i papira ostavila je ovu investiciju za sledeća vremena te ovi projekti još nisu realizovani.

Od geoloških i rudarskih istražnih radova imaju neku praktičnu vrednost radovi obavljeni u 1951, 1952, 1954, 1957, 1958, 1960, 1961 i 1963. godini. Svi ovi radovi obijuju podacima o geografskom položaju, o morfologiji terena, o geološkom sastavu terena, o genezi i o tektonici. Međutim, ni jedan od ovih radova ne daje stvarnu sliku mogućnosti primene ovih glina. Zapravo nedostaju obimni i pouzdani podaci niti konceptije o tehnološkim probama. Međutim, razumljivo je da potrošač nije zainteresovan ni za morfologiju ni za genezu ni za tektoniku, te mu ti podaci ne mogu skoro ništa reći o upotrebljivosti tih glina u njegovom tehnološkom procesu.

Razumljivo je, da zbog ovakve situacije nije moglo biti ni govora o nekoj ozbiljnijoj eksploataciji i pored toga što se novac trošio na laboratorijska ispitivanja u preduzećima i institutima. Zbog neprečišćene orientacije u potrošnji rudarsko-geološki istražni radovi odvijali su se na raznim lokalitetima, ali uvek sa nedovoljnim sredstvima da se definitivno utvrde A i B rezerve. Tih utvrđenih rezervi na nekim lokalitetima ima, ali se moraju smatrati zastarelim i ne sasvim pouzdanim.

Zabranom rada, od strane rudarske inspekcije, ranijim korisnicima rudišta (ZZ) rudišta su predata preduzeću EKK, koje je oformilo rudarski pogon i pristupilo eksploataciji, istragama i tehnološkim probama u svojim pogonima, drugim preduzećima i institutima.

Rezultati tih radova pokazali su da se radi u prvom redu o vatrostalnim glinama. U institutima utvrđena vatrostalnost za neke od tih glina je:

Lokalnost-odnosno oznaka	Vatrostalnost
GR-2	SK 33/34 — 1740°C
GRZ-2	SK 29/30 — 1660°C
GRZ-1	SK 29/30 — 1660°C
GCD	SK 28 — 1630°C
GR-1	SK 34 — 1750°C

Ove gline osim primene u elektrokermičici, keramici i industriji vatrostalnog materijala našle su odličnu primenu i u drugim granama industrije (EKK troši skoro isključive gline iz ovog basena).

Ako se eliminišu brojevi potrošnje pretходне industrije i sa indeksom 100 obeleži ostala potrošnja, onda je ona, prema vrsti primene u periodu junii 1963 — 1964., bila sledeća:

Vrsta primene	%
u industriji emajla	12,5
u građevinarstvu i teh. boja	21,0
u rudarstvu	29,8
kao reprodukcioni vatrostalni materijal	7,3
u hemijskoj industriji	29,4
ukupno	100,0 %

Ovako širok spektar primene postignut je baš zahvaljujući tehnološkim probama u EKK i u drugim zainteresovanim industrijama.

Dalji uspešan rad na primeni domaćih mineralnih sirovina može se postići uz punu saradnju proizvođača i potrošača, a uz puno korišćenje dragocenih iskustava potrošača i pun oslonac na naučno-istraživački rad na tom području, kako na području geološko-rudarskih istraživanja, tako i na području praktične primene.

SUMMARY

Problems of Clay Production and Consumption — View on Clay from Prijedor Deposit

Č. Pešić, dipl. eng.*)

The problem of clay production and consumption is treated in this article. Negative influence of nonequal material quality on final products, as well as on disordered relations between the mine and factory is pointed out. Some conceptions and steps destined for solving of above problems are suggested.

Literatura

- Häuse, T., 1961: Keramik. — Bergakademie. Freiberg.
Bergbau-Handel. Rohstoffe für wichtige Erzeugnisse, 1963, Berlin.
- Grupa autora, 1963: Poradnik ceramiczny. — Warszawa.
JUS B. D. 6.100 i JUS B. D. 8.301.
SGJ, 1957—1964.



*) Dipl. ing. Čedomir Pešić, Elektro-keramički kombinat, Prijedor.

Rudarstvo na olovno-cinkovom rudištu kod sela Kučajne (SI Srbija)

(sa 7 slika)

Dr Vasilije Simić

Savremena proizvodnja olova i cinka kod nas potiče sa rudišta, čije je rudarstvo stara vremena, srednjovekovno, antičko a možda mestimično i starije. Izuzetak je rudište kod Ajvalije na Kosovu, pronađeno tek tridesetih godina našega veka.

Rudište kod sela Kučajne, nedaleko od Kučeva, bilo je nekada aktivno. Njegove rude otkopavane su u svim periodima rudarskoga ráda kod nas, od antičkog pa do kraja prošlog veka. Ono se odlikuje, između svih ostalih, rudama sa veoma visokim sadržajem plemenitih metala, srebra i zlata.

Kučajnsko rudište sada miruje. Negde oko 1950. ili 1951. godine ispitivano je samo simbolično. Izbušene su dve ili tri bušotine, postavljene „odoka”, bez prethodnih ispitivanja osnovnih geoloških prilika. Sasvim je razumljivo što one nisu ohrabrike dalja istraživanja. U isto vreme bilo je i nekih orientacionih geofizičkih merenja. Na osnovi tako oskudnog istraživanja, a bez prethodnih geoloških studija, ukorenilo se u nekom uticajnom središtu finansiranja geološko-istraživačkih radova nepovoljno mišljenje o vrednosti orudnjenja kod sela Kučajne.

Ako buduća naučno osnovana i sistematska istraživanja utvrde, da na rudištu kod Kučajne nema rude za savremenu proizvodnju, čak ni u tom slučaju se ne bi opravdala današnja ravnodušnost prema njemu. U rudarstvu, kad je reč o istraživanju i provera-

vanju vrednosti orudnjenja, svaku činjenicu treba dokazati, makar i negativnu. Da li kučajnsko rudište ima industrijskih količina rude ili nema utvrđene buduće istraživanja. A da su ova zaista opravdana, pokazaće, nadam se, istorija rudarskog odnosno geološkog rada na rudištu u Kučajni. Pokušaću da je izložim po periodima proizvodnje rude i metala.

Stari vek

Rudarstvo na rudištu u Kučajni je veoma staro, možda i preistorijsko, povezano sa eksploatacijom zlata iz rasipa u dolini Peka, slično preistorijskom rudarstvu borskog rudišta, povezanom sa ispiranjem zlatonosnih nanosa u Borskoj reci. Arheološka ispitivanja u Kučajni treba da kažu svoju reč o tome.

Ni antičko rudarstvo u Kučajni nije neposredno dokumentovano, niti se može dokazati, kad se zna, da je kučajnsko rudište otkopavano u srednjem veku. Novije rudarstvo uvek uništava tragove starijeg. No ima mesta verovanju, da je rudište bilo aktivno u starom veku.

U blizini nekadašnjih rudnika, na levoj obali potoka Kučajne, severoistočno od topoline iz prošlog veka, otkriveni su ostaci antičkog naselja. Na rimsku epohu upućuju nadgrobni spomenici, votivno kamenje, ži-

gosane opeke, bronzane figure, kopče i igle od zlata, srebra i bakra, neke naprave od bronze i bakra, mermerni reljef Dijane sa jelenima, novci sa natpisom „Hadrianus Augustus PP“ kao i drugi rimske novcevi. U blizini rudišta nalaze se ruševine banje, poznate po rimskom uzoru.

Na ušću rečice Kučajne u Pek nalazio se je rimsko naselje Guduscum. To je pre svega bilo naselje ispiraća zlata, čija su se rudišta nalazila po terasama s obe strane reke Peka i rudara sa rudišta u Kučajni. Naselje na ovome mestu uslovljavalo je, pre svega ostatog, rudarstvo odnosno ispiranje zlata sa Pekovih terasa. Kasnije je na istome mestu bila i srednjovekovna Kruševica.



Sl. 1 — Gomile prepranog materijala na antičkim pralištima u dolini Peka.

Rimsko naselje u blizini rudišta, i banja neposredno na rudištu, bar u slučaju Kučajne, pouzdan su znak, da je tu bilo antičkog rudarstva. Ako ne drugog, a ono svakako otkopavanja zlatonosnih ruda sa izdanaka, koje su zatim drobljene, tucane, mlevene i prepirane, da bi se iz njih izvadilo samorodno zlato. Ovakav tip rudarstva u antičko doba bio je karakterističan za oblast Peka, gde su za vreme rimske epohe otkopavane sa izdanaka zlatonosne kvarcne žice i iz njih vadeni samorodno zlato. No ne treba smatrati isključenim, da je u Kučajni za vreme antičkog doba topljeno i olovu, koje je bilo dvostruko korisno: zbog visokog sadržaja plemenitih metala a zatim i zbog samog olova, koje su Rimljani u našim oblastima rado koristili za pravljenje vodovodnih cevi i sarkofaga.

Srednji vek

Ni rudarstvo srednjeg veka u Kučajni ne pominju pisani izvori. U to doba ne zna se čak ni kako se rudnik zvao. Ali to nije samo slučaj sa Kučajnom, već sa celom istočnom Srbijom, o čijem je rudarstvu za vreme srednjega veka malo šta zabeleženo. Proizvodnja gvožđa i bakra u Majdanpeku, srednjovekovnom Železniku, koliko se do sada zna, samo je tu i tamo pomenuta. Rudonosna oblast severoistočne Srbije u srednjem veku zvala se Kučeve. Iz njenih rudnika dobijani su metali gvožđe, bakar i olovo. U pisanim dokumentima pomenut je jedino Železnik kao trg za gvožđe, bakar i olovo, koji posećuju i dubrovački trgovci.

Položaj srednjovekovnog Železnika smatram da je potpuno određen. Ja sam veoma detaljno prospektovao celu severoistočnu Srbiju, pa prema tome i oblast srednjovekovnog Kučeva. Pregledao sam sva rudišta, stara i savremena i šlihovao nanose svih rečica i potoka i utvrdio da se srednjovekovni trg Železnik sa rudnicima bakra i gvožđa (Istorijska Srba od Jirečeka i Radonjića II, str. 174) može bez rezerve identifikovati sa našim Majdanpekom. U celoj severoistočnoj Srbiji samo se Majdanpek, sa onako raskošno rasutim gvozdenim rudama po površini, mnogim topionicama gvožđa i samokovima, mogao nazvati Železnikom. Železnik nije kod nas redak lokalitet i skoro uvek je u vezi sa gvozdenim rudama ili industrijom gvožđa. U srednjem veku Železnikom se zvala i jedna oblast u Makedoniji (gornji deo Crne reke). U oblasti srednjovekovnog Kučeva, sem Majdanpeka, gvozdenih ruda ima između Kučajne i Petrovca na Mlavi, odnosno rečice Reškovicu. Ali su gvozdena rudišta prema majdanpečkim sasvim neznačna, a osim toga nemaju ni bakra. Rudarstvo gvožđa je na njima bilo ograničeno.

Da je savremeni Majdanpek na mestu starog Železnika svedoči, pored rudišta gvožđa, bakra i ostataka vrlo razvijene stare rudarske delatnosti, još i rečica Železnik, koja ističe iz planina neposredno iznad Majdanpeka. Rečica je dobila ime po izvoru, koji je bilo kraj srednjovekovnog Železnika. Ovome se ne protivi ni Jirečekova konstatacija, da je u Železniku bilo i olovnih rudnika. U starom potkopu Jugović, otvorenom još u 18. veku (onda se zvao Šuplja glava odn.

Elizabet), bilo je olovnih ruda, koje su tada vađene i topljene. S. Gopčević je 1888. godine zabeležio, da je u nekom oknu u Majdanpeku presećena žica olovne rude, debela 1 m. Ovakve rude su u toliko pre otkopavane u srednjem veku, jer se iz istog potkopa vadila olovna i bakarna ruda, samo iz različitih rudnih tela.

Kučajna se, međutim, u srednjem veku nigde ne pominje kao rudnik. Istina u ravaničkoj povelji kneza Lazara govori se o „gori Kučajni” no to će se svakako odnositi na planinu Kučaj, gde se nalazi i manastir Ravanica.

U srednjem veku u Kučajni su, kao i na drugim srpskim rudnicima, kovani novci. To bi, bar posredno, ukazivalo da je Kučajna bila rudska varoš. Za vreme kneza Lazara ovde je bila kovnica novca i oružja. I u predanjima je sačuvana vest o kovnici novca. Aspre su ovde kovane još pri kraju vladu sultana Sulejmana II.

Ako srednjovekovno rudarstvo Kučajne nije ostavilo traga u pisanim izvorima, njezini ostaci na rudištu i u okolini su mnogobrojni i raznovrsni. Kučajna je jedan od primera sa naših rudišta, gde su ostaci srednjovekovnog rudarskog rada izvanredno očuvani i mnogobrojni a pisanih izvora o njima uopšte nema. Za Kučajnu je utoliko čudnije, što su njene rude izvanredno bogate plemenitim metalima, zlatom i srebrom, zbog kojih je i procvetalo rudarstvo u srednjovekovnoj srpskoj državi.

Rudarstvo srednjega veka na rudištima Kučajne ilustruju pre svega ostaci topionica. Još 1876. godine T. Andre je skoro na svakom potočiću oko Kučajne promatrao ostatke topionica, vade kojima je dovođena voda za pokretanje mehova, gomile troski. Sudeći po troskama on je smatrao, da je topionički proces bio uspešan.

Rude sa kučajnskih rudišta nisu topljene samo u topionicama, podignutim na okolnim rečicama i potocima. One su nošene od rudišta i po nekoliko časova hoda, i tamo topljene, iz za sada još nepoznatih razloga. Topioniku kučajnskih ruda T. Andre je promatrao čak kod manastira Tumana, blizu Golupca. Verovatno je manastir imao neka svoja okna na kučajnskim rudištima, pa je ruda, zbog bogatstva u plemenitim metalima, topljena u prisustvu vlasnika. Ova pretpostavka je utoliko verovatnija, što je sadržaj

kučajnskih ruda u plemenitim metalima veoma kolebljiv, pa se proizvodnja srebra nije mogla drukčije kontrolisati, do topljenjem u prisustvu vlasnika. Po predanju manastir Tuman je zadužbina Miloša Obilića.

F. Hofman je nalazio olovne troske i po tercijarnom terenu Rakove Bare. Topionički radovi morali su, kako piše Hofman, „u veliko biti razvijeni. Na svaki način dakle morali su stari dovlačiti rudu na ovo mesto, i to po svoj prilici iz Kučajne. Bogatstvo ovoga kraja u šumi, jaka mehanička snaga vode, koja ovuda protiče u mnogobrojnim padovima i ne mrzne se pri najjačoj zimi, išlo je sve na ruku, te je topionica za kučajnske rude podignuta bila u Rakovoј Bari” (God. rud. od. I, 1892., str. 153).

Kučajnske rude topljene su svakako i po topionicama podignutim u dolini Peka. No njihove troske nisu mogле biti sačuvane zbog vodoplava. Ostatke dveju topionica kučajnskih ruda promatrao sam u dolinama Bukovske reke i Gložane, levim pritokama Peka. Na jednoj se topionici još pre 15 godina vrlo dobro poznavala vada.

Kako je kraj oko Kučajne dosta naseljen, a šume iskrčene, ostaci nekadašnjih topionica su nepovratno izgubljeni. Sada više nismo u stanju ni približno da utvrđimo njihov broj, a s tim u vezi ni obim srednjovekovne rudarske proizvodnje. No oslanjajući se na Andreova kazivanja, koji je okolinu Kučajne ispitivao još dok su ostaci starih topionica bili dobro očuvani, kučajnska ruda topljena je u velikom broju topionica, što ukazuje na veoma razvijeno i unosno rudarstvo.

I ostaci starih rudarskih radova su mnogobrojni. Svi su koncentrisani na okolinu Kučajne. Rudarski inženjer Đorđe Brancković promatrao ih je jula 1848. god. i o njima napisac:

„Osobito u ataru Kučajnskom po bregovima Jusufcu, Meani, Plavišu i Dai Bog vidi se mlogo takvih rupa, od veće dubine u zdravcm kamenu, kao bunari (šahta), i kao lagumovi (zdolu) kopani, ipak i dan današnji nezatrpani stoje, a mloge su i zatpane, no ipak se na površini zemlje poznaje, gdi su takove rupe bile. Ja sam od gore pomenutih šahta u jednoj sa užetima spustiti se hteo, za uveriti se, zbog kakve su rude iste kopane, no čim sam primetio da je vazduh u njima sa ugljenom materijom pokvaren, nisam dalje ići srneo, niti se u nji spuštati može, bez nuždni sprava i predvaritelno očišćenja vazduha. U jedan pak zdol koji je

oko 30° dugačak ulazio sam sa svećom no nikakvu žilu rudnu vidići mogao nisam.

Po nađenoj olovnoj rudi u livadama oko ovih jama, sudim da su poradi olova kopali, a po nađenoj bakarnoj rudi koju sam ja 1845 godine, prilikom putovanja mog ovuđa našao, morali su i bakarnu rudu vaditi, no budući da u ovoj olovnoj rudi i srebra ima, to su dakle u ovom predelu rudokopnje olova, srebra i bakra rađene, o kojima se i u budućem sa uspehom raditi može, no sa priličnim i neizvestnim požrtvovanjem troška i vremena, dok se ove jame izčiste, i žile rudne pronadu, koje ja i ma budi kako iskusan rudar, bez veštih rudokopača nemogućem". (Iz izveštaja Đorda Brankovića o nalazištima olovnih ruda u Melnici i Kučajni).

T. Andre je, trideset godina kasnije, video oko Kučajne stotine i stotine svrtnjeva i kopina kraj njih. Starim radovima silazilo se do 80 m dubine. Ruda je vađena oknjima i potkopima. Jedan stari otkop imao je zapreminu od 7000 m³. Najveći broj starih rudarskih radova nalazio se je na mestu zvanom Dajbog.

Uz rudarstvo srednjovekovne Kučajne treba pomenuti i ostatke staroga rudarstva u Melnici nedaleko od Kučajne. O njima čitamo u pomenutom izveštaju Đ. Brankovića:

„Od sela pak idući uz Melnički potok, na laze se na više mesta olovne zgure (šljake), iz kojih se zaključiti može, da je negde ovde olovnna ruda topljena, no gdi je ova kopana, niko mi kazati nije mogao. Dalje pak, pored istog potoka, vide se na šregovima i obalama mloge razvaline, koje su nekada kao tvrdave i crkvista biti morale i oko kojih se razvalina množestvo stari novaca, raznog metala i drevnosti i dan današnji nalaze. Ovde pak preko planine idući selu Kučajni sriza Zviždskog okr. Požarevačkog, vide se mloge rupe, koje su za rudu kopane, i kaldrmisani putovi koji su negde rudarskim ovim mestima za soobrašćenje služili”.

F. Hofman je 1888. godine zabeležio, da u dolini Petakovice, pritoke Melničke reke, ima starih rudarskih radova i troskišta. To će verovatno biti one iste rudne pojave, koje nam je opisao Đorđe Branković. Po mišljenju J. A b e l a staro rudarstvo Melnice je bilo unosnije od kučajanskog.

Srednjovekovno rudarstvo Kučajne sačuvalo se je u toponomastici i staroj rudarskoj terminologiji. Đ. Branković je 1846. godine zabeležio reč *utman*, koju je čuo od meštana. Nekoliko godina dognije S. Đuričić je čuo na rudištu srednjovekovni termin *pravac* za okno („na brdu Jusovcu

naodeći se *pravac* — Schacht koi je u tvrdom porfiru oštrim oruđima uzsečen, i koji je za vreme mog u Kučajni bavljenja 6 fati duboko otvoren bio" Simić 1959, str. 283). Reč *pravac* mesto okna čuo sam 1950. godine nedaleko od Kučajne, u Neresnici. T. Andre je čuo od meštana, da su svrtnjeve, stara rudarska okna, nazivali *cehovima*. To je termin koji je poznat po starim rudnicima s obe strane Ibra. Najzad, da pomenemo i toponime *Plavište*, breg sa starim rudarskim rado-vima, *Plavčevi* i *Plavčevica*. Termini su ne-sumnivo rudarski i dolaze od reči *plaviti* — topiti metal. Ovakvih toponima ima i po drugim rudarskim oblastima u Srbiji.

Rudarstvo u Kučajni pod Turcima

Kao i na ostalim rudnicima u Srbiji, rudarstvo u Kučajni nastavljeno je i za vreme Turaka. No ni o ovom rudarstvu ne govori se neposredno. Međutim, ono je nesumnjivo postojalo. Vitez od Dernšvama propu-tovao je kroz pokrajinu Kučevu 1555. godine i pomenuo je tamo „racko“ olovo (Ratzen-pley). Tu je reč verovatno o metalu nekog poludivljeg rudarstva u Kučajni, koji su okolni seljaci neredovno proizvodili, nešto slično kao i u Podrinju. U istom veku Kučajna je pomenuta 1557. i 1600. god., ali bez veze sa rudarstvom. Kao što smo ranije rekli, pri kraju vlade sultana Sulejmana II (1520—1566) u Kučajni su kovane aspre, što opet ukazuje na neko rudarstvo. U 17. veku Kučajnu je pomenuo Hadži Kalfa ali ne kao rudarsko mesto. Rudarstvo se verovatno bilo ugasilo.

Austrijska okupacija 1718—1738. godine

Austrijske vojne vlasti pokušale su za vreme dvadesetogodišnje vladavine da obnovi rudarstvo u Srbiji, pa među ostalim i na rudištima kod Kučajne. U oraovičkom rudarskom arhivu, koji je koristio Andre, a pre ovoga svakako Hofman, nalazili su se spisi o rudarskom radu u Kučajni iz perioda 1718—1738. god. Godinu dana posle okupacije Srbije iz Kučajne su poslati uzorci ruda na ispitivanje u Oraovicu i imali su 19 lota srebra. Uzimanje proba ponovilo se i 1722 godine. Jedna ponuda iz 1733. godine ticala se izgradnje topionice, a od 1734. godine

nalazio se opis rudnika. Rudarski radovi u Kučajni za vreme austrijske okupacije, po rečima Andreovim, bili su bezuspešni.

Putnici o Kučajni u prošlom veku

Sve do polovine prošloga veka kučajnsko rudište je mirovalo. No nekadašnje rudarstvo bilo je u životu sećanju okolnog stanovništva. I to ne samo rudarstvo iz 1718—1738. već i staro, srednjovekovno. Evo šta su o starom rudarstvu u Kučajni zabeležili njeni posetoci u prošlom veku:

J o a k i m V u j ić je 1828. godine zapisao: „Dalje kod sela Kučajne nahodi se jedan stari porušeni grad, kod koga je negda bio rudokopni majdan, iz koga su u starodrevnu vreme srebro iskopavali”. O. P i r h je posetio Kučajnu 1829. godine. On je tamo promatrao ostatke kopina „a u sredini doline ruševine nekog velikog zdanja, u kome je prema pregradnicima u središnjem delu, koji ima izgled neke kule, bila glavna peć“. Ruševine se zovu „Stara Kučajna“. Pirh je od meštana čuo da su ovde bili rudnici srebra, a video je kaldrmisan put između Peka i Stare Kučajne.

Nekoliko godina kasnije (1835) Kučajnu je posetio baron Herder. On je čuo, da je tu nekada bio rudnik srebra. Znao je i za legendu o srebrnom kralju. No analizirajući u glamenu duvaljke rudne pratioce i trosku nekadašnjih topionica, nije našao ni traga srebra ili zlata. Zbog toga je u nedoumici o sadržini rudišta. Ruševinu velike zidane građevine smatrao je nekim rudarskim objektom, iako na njemu nije našao nikakvih rudarskih oznaka. U krajnjem slučaju, po mišljenju Herdera, ta ruševina je mogla nekada biti tvrđava, u koju su se meštani sklanjali od razbojničkih napada, a rudari čuvали unutra dragocene rude i druge predmete.

Kučajnu je posetio K. H e j r o v s k i 1847. godine, ali o tome nije ništa naročito zabeleženo.

Po polovinom prošloga veka u Kučajni je povremeno boravio J. A b e l , veoma sposoban rudarski inženjer i rukovodilac svih rudarskih radova u istočnoj Srbiji. On ima sasvim drugo mišljenje o Kučajni kao rudištu i njenim razvalinama. Veliku građevinu u ruševinama, koju su pomenuli Pirh i Herder, on je smatrao turskim kupatilom, gde su se kupale žene turskih velmoža. Kal-

drmisani put nije rudarski, već jahača staza. Kasnije ćemo se vratiti na Abelovo mišljenje o samome rudištu.

Kratku ali sadržajnu belešku o Kučajni ostavio je A. B r a j t h a u p t , profesor rudarske akademije u Frajbergu. On je bio u Kučajni 1856. godine i na starim kopinama prepoznao je minerale: *piromorfit*, *ceruzit*, *galenit* i *sfalerit*. Među primercima koje je baron Herder svojevremeno doneo u Frajberg sa rudišta u Kučajni, Brajthaupt je našao i mineral *goslarit*. Po njegovom mišljenju u Kučajni se javljaju žice galenita i sfalerita. U gornjim horizontima rude su oksidisane. U ranije doba ovde je proizvođeno olovo i srebro ili možda samo poslednje.

Licejski pitomci iz Beograda videli su ovde 1863. godine gomile troški na mestima nekadašnjih topionica, kaldrmisan put od rudišta do doline Peka, ostatke zgrada zidanih kamenom, razvaline starog gradića i staro kupatilo „iz koga je voda izvedena podzidanim kanalom“. Prilikom čišćenja gradića, po njihovim rečima, nađen je rimski novac i komad kalajnog lima.

Iste godine bio je u Kučajni oficir M i š k o v ić. On samo pominje razvaline iz doba austrijske okupacije. Kučajnu je posetio F. K a n i c . Po njemu, antičko rudarsko naselje leži severoistočno od savremenog, na levoj strani potoka Kučajne, blizu njenog ušća u Pek. U njemu su se poznavali zidovi velike građevine, duge 60 a široke 35 m. Okolo je bilo ostataka drugih zgrada.

T. A n d r e je bio u Kučajni 1876. godine i opisao njeno rudište. Od ostataka staroga života video je najpre stara groblja, zatim prilično prostranu tvrđavu sa kulama, kaldrmisanе puteve i kupatila sa „veličanstvenim“ vodovodom. Sama kupatila (kućice u kojima se kupalo) otkrivena su 1874. godine. Zidana su od opeka sa lepom. Voda je u njih dovedena sa daljine od 350 m, sa mlakušnog, ugljokiselog izvora, čija je konstantna toplota 16° . Vodovod je bio pretežno podzemni, a voda je tekla glinenim olucima polukružnog oblika.

Šta je od pomennutih ruševina rudarsko, a šta nije, teško je reći bez arheoloških iskopavanja. Ruševine velike građevine su svakako ostaci tvrđave, podignute zbog kučajnskog rudnika, čije su rude veoma bogate srebrom. Ukoliko je vlasnicima rudnika bila poznata i zlatnosnost kučajnskog srebra, utoliko su pre nastojali, da što bolje obezbede

proizvodnju. U pogledu ove ruševine veoma su važna Pirhova zapažanja, kao najstarija. Izvežano oko oficira videlo je u jednom delu razvaline ostatke kule. A kula je bilo na svima našim srednjovekovnim rudištim u Srbiji (Rudnik, Plana, Zaplanina, Belasica i dr.). Tvrđava je svakako antička, popravljana i dopravljana i kasnije. Ona je u antičko doba obezbeđivala ne samo dobra kućajnskog rudnika, već i ona sa mnogobrojnih radova na ispiranju zlatonosnih nanosa od Kučajne pa uz dolinu Peka do Debelog Luga, ukoliko prališta gornjeg toka Peka nisu obezbeđivana nekom tvrđavom u Majdanpeku. Nije isključeno, da je u staroj Kučajni, rimskom Guduskumu, bilo i središte, odakle se rukovodilo radovima na proizvodnji zlata iz zlatonosnih kvarcnih žica s obe strane reke Peka.

Otvaranje „Knjažesko-srbskog rudokopija” u Kučajni

Kad je srpska vlada 1847. godine odlučila, da pristupi obnavljanju rudarstva u zemlji, niko nije ni mislio, da otvoriti rudnik olova u Kučajni. Karl Hejrovski, u ono vreme poznati rudarski stručnjak iz Pšibrاما, predložio je iste godine srpskoj vladi, da na planini Rudniku otvori rudnike bakra i olova, a u Rudnoj glavi izgradi industriju gvožđa, koja bi se snabdevala rudom sa lokalnog rudišta i iz Majdanpeka. Plaćeni se da radi na oba mesta, srpska vlada se predomišlja, koje od pomenutih preduzeća da izgrađuje. Kako se nije mogla odlučiti bez stručnog saveta, ostavila je da to pitanje reši u sporazumu sa novim načelnikom rudarskog odeljenja, koji se očekivao iz inostranstva.

Revolucionarno vrenje u Evropi 1848. godine, koje se u susedstvu Srbije odrazило Mađarskom bunom, prevagnulo je u korist podizanja industrije gvožđa u Majdanpeku. Ali kako je srpska vlada počela spremati dobrovoljačku vojsku za ugušivanje revolucije u Mađarskoj, bilo joj je potrebno olovo, više nego što su bili u stanju da proizvedu podrinski seljaci — rudari. Ovaj momenat odlučio je otvaranje rudnika olova u Kučajni, utoliko pre, što se novim preduzećem moglo upravljati iz Donjeg Milanovca, sedišta „Milanovačke rudarske uprave”.

Otvaranju olovnog rudnika u Kučajni prethodilo je putovanje Đorđa Brankovića 1848. godine po rudarskim mestima u zemlji,

poznatim po olovnim rudama. On je najpre putovao po Podrinju, a zatim po kraju između Petrovca na Mlavi i Kučeva (ondašnje Kruševice). Jula meseca 1848. godine Branković će, na putu iz Petrovca u Kučovo, pregledati uzgred i stare radove u Kučajni, o čemu je ranije bilo govora. Iste godine Branković je negde u okolini Petrovca podigao i dve male peći za topljenje gledi u olovu. Na tome mestu, po A. Brajthaupu, još 1856. godine bilo je oko 1000 centi gledi, rasturene po troskištima. Sve je ovo uticalo povoljno, da se doneše odluka o otvaranju rudnika u Kučajni.

Septembra 1848. godine podnet je i formalan predlog od strane novog načelnika rudarskog odeljenja u Beogradu, Norberta Sojke, koji je prethodno obišao rudište, da se počne sa radovima u Kučajni. Ovom prilikom Sojka je bio i u Melnicu, pa je predložio da se i тамо traže olovne rude. U pripremama za rad protekla je i prva polovina 1849. godine, tako da se u stvari na rudištu počelo raditi tek od jula 1849. godine. Ove godine preduzeće se zvanično nazivalo „Knjažesko-srbsko rudokopije u Kučajni”. U aktima na nemačkom jeziku zvalo se „Kucsaina Bleibergbau”. U prvo vreme, do Abelova dolaska, rudarskim radovima rukovodi Aleksandar Šenbuher, upravnik rudarskih radova u Majdanpeku. Međutim, radove je neposredno vodio Stevan Đurišić (doknije je preinacio prezime u Đuričić), tek svršeni rudarski inženjer, šemnički dok. Kad je došao u Kučajnu ne vidi se iz akata; no tamo je u maju 1849. godine.

U prvoj godini rada (1849) rađeno je sa malo radnika i opreme. To se vidi iz spiska alata, kojim raspolaze rudnik: 40 rudarskih svrdlova, 6 bakarnih šipki, 6 čekića, 6 velikih čakanaca, 6 kašikica, 3 nabijaka, 10 kilavica, 6 motika, 69 oka baruta. Bilo je još nešto kovačkog i drugog alata. Rashodi od 1. jula do 1. novembra 1849. iznosili su:

„Plata zvaničnika i služitelja	10 for.
Nabavka oruđija i stvari	49 " 87 kr.
Nadnice u oknima	1921 " 19 "
Postrojenje zdanija	103 " 73 "
Opšti troškovi i podvoz stvari	124 " 50 "
	2299 for. 29 kr."

Istražni radovi vođeni su mlitavo, kako zbog idave organizacije rada uopšte, tako i zbog skeptičnog stava prema vrednosti orud-

njenja šefa „Milanovačke rudarske uprave” J. Abela, koji je smatrao, da je staro rudarstvo na kučajnskom rudištu bilo ograničenog obima. Po njegovom mišljenju, u staro vreme više se je radio na rudištima u planinskom kraju prema Melnici. Stari radovi na kučajnskom rudištu, smatra Abel, nisu bili duboki, s obzirom na snažan pritok podzemnih voda, i zbog toga su se kretali na horizontima iznad nivoa doline. Ako se želi ponovo otvarati rudište u Kučajni, onda treba sići pod dolinu, što znači izložiti se veoma skupim radovima. Zato Abel misli, da u Kučajni ne treba sada raditi, na početku obnavljanja rudarstva u Srbiji. Za eksploraciju olovnih ruda treba izabrati neki drugi, povoljniji objekat, na primer Rudnik. A ako se hoće baš u ovom kraju tražiti olovna ruda, onda istražne radove iz Kučajne treba posmeti prema Melnici. Nadležni se, međutim, nisu osvrtni na Abelovo gledište, pa je istraživanje rudišta u Kučajni nastavljeno i dalje, tromo i bez određenih konceptacija.

Oktobra meseca 1850. godine obišla je Kučajnu „visočajše odredena komisija”, saставljena od nekoliko „sovetnika” i ministra finansija Pauna Jankovića. Komisija je konstatovala da ovde „gotovo ništa urađeno nije”, pa je uzela na odgovornost S. Đuričića. No ovaj se nije oséoao krivim, jer je kao najmladi vršio naređenje starijih. Kako je Đuričić imao povoljno mišljenje o vrednosti orudnjenja u Kučajni, zatražio je od komisije da mu stavi na raspoloženje 20 rudara i da odrešene ruke, pa će on pronaći rudu. Komisija je prihvatile Đuričićev predlog, pa je Kučajna postala samostalno preduzeće, koje se samo finansiralo preko Majdanpeka.

Uzveši upravu preduzeća u svoje ruke, Đuričić je proširio radove. U 1851. godini radi se u sedam potkopa koji se zovu: Sava, Karadorđe, sv. Stevan, sv. Đorđe, sv. Nikola, sv. Petar i Pavle i Blagovesti. Otvoreno je 6 ili 7 starih okana. Iz svih ovih radova izvaden je 150 centi bogate olovne rude „sa 45—50 procenata olova a u centi olova 2,5—3 lota srebra”. Ruda je prevezena u Majdanpek i tamo je dočnije, verovatno zimi 1854—1855. pretopljena. Istražni radovi u Kučajni završeni su praktično krajem 1851. godine. Na njih je za poslednjih 7 meseci rada utrošeno:

oktobra 1851. god.	433 g.	6 2/3 para
novembra ” ”	75 ”	33 1/3 ”
decembra ” ”	680 ”	
januara 1852. ” ”	173 ”	13 1/3 ”
februara ” ”	192 ”	20 ”
marta ” ”	178 ”	26 2/3 ”
aprila ” ”	148 ”	13 1/3 ”
maja ” ”	120 ”	
		1991 g. 33 1/3 para.

U Kučajni se radio neredovno. Gradnja rudničke kolonije nastavljena je i posle obustavljanja istražnih radova. Iz jednog izveštaja čitamo da je do proleća 1853. godine:

„Načinjeno opet šest kvartira u gradu do zida ili uza zid grada sa štalom odozdo, od polutvrdog materijala, za oknare.

Jedna kuća s dve sobe i 1 kujnom i jednim čilerom od drvenog materijala, na temeljima od kamena, za nastojnjika.

Jedna šupa i jedan magacin pod krovom od drvenog materijala na temelju od kamena.

Jedna kuća s jednom sobom i jednom kujnom od drvenog materijala na temelju od kamena. Jedna zgrada od brvana”.

Kučajna u rukama Feliksa Hofmana

Posle neuspeha, da sama izgradi rudarstvo gvožđa i bakra u Majdanpeku, srpska vlada je oberučke prihvatile ponudu Feliksa Hofmana, rudarskog inženjera i preduzimača iz Nove Moldave u Banatu, da uzme u zakup i otvorí kučajnsko rudište. O tome je knez Mihailo doneo sledeće rešenje:

Na predlog Našeg Ministra Finansijsa, a po dogovoru sa državnim Sovetom od 22. tek. No. 1043 rešili smo i rešavamo:

Da se isti Minister ovlasti, a po priloženom ovde pod A projektu, Ugovor u ime Srbske Vlade zaključiti može sa g. Feliksom Hofmanom, iz Nove Moldave u Banatu radi istraživanja i obdelavanja olovne rude u Kučajni i drugi na tom mestu nalazeći se metala i kopova.

Naš Minister Finansijsa neka ovo rešenje izvrši.

24 Novembra 1862.g. Mihail Obrenović
u Beogradu

Minister Finansijsije
Kosta Cukić

U Srpskim novinama br. 148 za 1862. godinu pored kneževog rešenja objavljen je i

Ugovor

Koji se između Knjažesko-Srbskog Ministra Finansijsa u ime vlade Knjažesko-Srbske s jedne strane, i g. Feliksa Hofmana iz Nove Moldave u Banatu s druge strane, pod sledećim uslovijama zaključuje:

§ 1

Minister Finansije daje pravo g. Feliksu Hofmanu da u Kučajnskom ataru istraživanja ruda, istražuje olovo i druge na istom ataru nalazeće se metale i fosilije (kopove) rude da topi, ili da ih ema kako upotrebljuje, prerađuje, kao i da rudničke proizvode ma u kom stepenu izrađenosti oni bili slobodno prodaje; sve shodno niže izloženim opredeljenjima".

Dalje sleduju još 23 člana ugovora, pod kojim je rudište u Kučajni dato u zakup Hofmanu na 50 godina; ugovor je pisan na srpskom i nemačkom jeziku i potписан 27. novembra (9. decembra) 1862. godine.

Radovi na otvaranju kučajnskog rudišta otpočeli su 6. decembra 1862. god. Najpre je pročišćavan stari potkop Nikola, koji je poteran još za vreme austrijske okupacije (1718—1738), a nastavljen 1849. od Stevana Đuričića. U smeni je radilo 6 rudara. Posle 14 dana počeo se obnavljati i drugi potkop, opet u starom radu. Krajem januara 1863. godine na rudniku je bilo uposleno sledeće osoblje: nadzornik rudarskih radova, nadglednik šuma, 2 tesača, 10 rudara, 2 pomoćnika, 4 kočijaša, 8 strugara dasaka i nekoliko povremenih radnika. Do kraja januara 1863. godine prvi potkop je pročišćen i podgrađen na dužini od 22 hvata. Na kontaktu krečnjaka sa porfijrom naišlo se na orudnjenje u starim radovima. Slobodni komadi olovne rude, nađeni u zasipu, imali su 70% olova i dva kila zlatonosnog srebra na tonu rude. U isto vreme drugi potkop je bio pročišćen do 42 metra. Rudari su bili iz Nove Moldave, pretežno Vlasi.

Devet meseci nakon otvaranja rudišta, Kučajnu su posetili licejski pitomci iz Beograda, predvođeni svojim profesorom Josifom Pančićem. Jedan od pitomaca, Kosta Popović ostavio nam je dragocene beleške o fiovom rudniku. Po kazivanju Popovića Hofmanov kapital iznosio je 50.000 forinti. Za devet meseci rada, do avgusta 1863. godine, u preduzeće je uloženo 5000 dukata. Najveći deo novca utrošen je za izgradnju puta i građevina na rudniku. Na rudarske radove potrošeno je malo novaca. Potkop „Kosta“ iz Đuričevog perioda rada ostao je nezarušen na dužini od 40 koraka. Prokopan je za novih 86 koraka, tako da je bio dug 126 koraka. Potkop „Nikola“ imao je tada podgrađenih 83 koraka. Iz njega je još na početku izvađeno 30 centi olovne rude. Na rudniku se radilo uopšte 12 časova u

smeni, a u jami 8 časova. Rad je bio normiran. „Jedan radnik“ veli Popović „može da prokopa hvat za 75 nadnica i za to dobije 135 cvancika; ali on mora za svoje novce da kupuje barut kojim razbija stenu, mast za svetionice, dletu i čekić. Radnika ima tri vrste. Prvo su dečaci; oni izvlače na osobitim kolicima — rudari ih zovu rudarsko pseto (Berghund) sitnije komade od kamenja što se odbije. Drugi radnici momci; uzimaju se za poteže poslove, veliko kamenje, teška parčeta rude, a treće su pravi rudari koji dletom i čekićem rade“.

U toku 1863. godine na rudištu u Kučajni postignuti su značajni uspesi, pa se ukazivala sjajna budućnost rudnika. Prvi veliki uspeh bio je otkrivanje oksidnih cinkovih ruda. T. Andre je zabeležio da su Hofmana u Kučajnu privukle cinkove rude. Mislim da ovo nije tačno, jer u prvom Hofmanovom izveštaju o istraživanju ruda nema ni pomena o cinkovim. To se, uostalom, vidi i iz izveštaja ministra finansija narodnoj Skupštini o unapređenju rudarstva u Srbiji 1863. god. Ministar Kosta Cukić izjavio je u Skupštini:

„U Kučajni je te godine pronađena ruda cinka u velikom količству, a s olovom, srebro i zlato sadržavajućom rudom, na kojoj se živo radi, nije se još do poželane izvestnosti došlo. Za cinkovu rudu podignute su odmah i topionice u kučajnskom majdanu. Osim toga nađeno je u Kučajnskom istraživanja ataru u vatri postojane ilovače zemlje, od koje se sudovi izrađuju za pretapanje cinka; u istom ataru istraživanja ruda i fosila nađen je mrki i kameni ugljen, koji se pri pretapanju cinka s korišću upotrebiti može“.

Između svih ovih uspeha svakako najveću vrednost ima neobično velika srebrnosnost olovnih ruda. S Đuričić je svojevremeno zabeležio da kučajnske rude imaju samo 2,3—3 lota srebra na centu olova ili po današnjem računu 437—525 grama srebra na tonu metala. Ovo nije bilo tačno, jer su olovne rude, kako čitamo iz prvog Hofmanovog izveštaja, imale 2860 grama srebra na tonu olova. No to još nije sve. U kučajnskom srebru bilo je i zlata, pa je vrednost rude postala još veća. U ovoj godini Hofman je počeo istraživati kamene i mrke ugljeve u Melnici, koji će kasnije biti otkopavani kako za loženje parnih kazana u Kučajni tako i za samotopljenje rude.

U jesen 1863. godine, po Hofmanovom zahtevu, obeležen je i ograničen povlašćeni te-

ren rudnika i predat vlasniku. Osim toga, država je otkupila i privatna zemljišta, potrebna razvoju novog preduzeća.

Izgradnja preduzeća. — Hofmanov kapital kojim je nameravao da otvori rudnik u Kučajni iznosio je, po kazivanju K. Popovića, 50.000 forinti. Možda bi ova suma bila i dovoljna, bar za solidan početak, dok se ne dode do rude, a zatim bi se pomagalo kreditima, dok preduzeće ne stane na čvrste noge. Uzimajući Kučajnu u zakup, kao što se vidi iz ugovora, Hofman je imao nameru da otvori i koristi rudnik olova. Za takav poduhvat on je imao solidnog znanja i prakse. Ali mesto olovne on je neočekivano otkrio cinkovu oksidnu rudu u veoma povoljnim uslovima, takoreći na površini, pa bilo da je otkopavana na mestu ili je ležala otkopana. Ovako povoljnju pojavu hteo je odmah da iskoristi i zbog toga je pristupio podizanju topionice cinka, koja mu uopšte nije bila u planu. Pored toga, u preradi cinkovih ruda nije imao nikakvog iskustva a propustio je, da pre podizanja topionice, utvrdi bar približno rezerve oksidnih ruda. Hofman nije ni stigao da završi topionicu cinka a kapital je bio potrošen. Da beda bude još veća, počelo je nestajati cinkove rude.

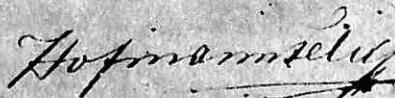
Nepredviđeni posao sa cinkom zajedno sa velikim gradevinskim investicijama iscrpeo je finansijski Hofmana već početkom 1864. godine, pa je bio prinuden da u preduzeće primi deoničare, brata i strica. Preduzeće se sada zvanično naziva „Kučajnsko rudokopno društvo cinka-olova-srebra”. Hofman je glavni akcionar i rukovodilac preduzeća. „Društvo ovo”, čitamo u jednom izveštaju, „skuplja se svaki šest meseci i dogovara se i sačinjava budžet za troškove, po kome se potom mestni personal upravlja”.

Uvođenje novog kapitala omogućilo je izgradnju topionice cinka. Ali ovaj posao doneo je vlasnicima samo štete. Do jeseni 1865. godine preduzeće je bilo progutalo 150.000 forinti i opet je došlo u novčane neprilike; nije bilo u stanju isplatiti radničke zarade. Našavši se u nevolji, Hofman se obraća srpskoj vlasti za finansijsku potporu. Po rečima ministra finansija K. Cukića, koji blagonaklono prati rudarske napore u Kučajni, Hofmanu bi se „jedna poveća suma morala dati za magnovenu pomoć i za produženje rada”. Međutim, kako se država ne želi toliko angažovati u Kučajni, on predlaže, da se Hofmanu pozajmi iz državne kase 3000

dukata sa 6% interesa za godinu dana. Novac bi se mogao koristiti samo za isplatu radnika. Zaloga za ovaj dug bila bi Hofmanova pokretna imovina u Kučajni, koja je bila procenjena na 40.700 forinti. Kneževim rešenjem od 2. novembra 1865. godine odobren je traženi zajam i preduzeće je trenutno izašlo iz neprilike.

Ako je neuspelo poslovanje sa cinkom, nije ništa bolje bilo ni sa olovom. To se uostalom moglo i očekivati, jer je ruda bila sastavljena uglavnom od galenita, sfalerita i pirita. Pojave čistih olovnih ruda, kakve su Hofmanu bile potrebne, nalažene su retko. Osim toga, ruda se spuštala u vodom bogate dubine, u obliku malih i nepravilnih rudnih tela. Tako kompleksnu rudu trebalo je drobiti, mleti i razdvajati, odnosno obogatiti, a instalacija nije bilo. Preduzeće nije imalo sredstava da ih nabavi, a nije bilo ni rude u jami, koja bi takve rashode opravdavala. Hofman je, međutim, čvrsto verovao u izdašnost kučajnskog rudišta. Za godinu dana (1865/6) uloženo je u preduzeće novih 50.000 forinti, tako da je do kraja oktobra 1866. godine u preduzeće bilo uloženo 200.000 forinti. A ono je tada opet bilo bez novaca. Vlasnik nije bio u stanju da vrati državi dug od 3000 dukata, pa mu se plaćanje odgada još za godinu dana.

КУЧАЈНСКО
РУДОКОПНО ДРУШТВО
ЦИНКА-ОЛОВА-СРЕБРА



Sl. 2 — Pečat rudnika Kučajne sa Hofmanovim potpisom.

Krajem 1867. godine preduzeće u Kučajni, zbog nestasice finansijskih sredstava, prima nove deoničare. Ono se sada zove, po Gudoviću, „Kučajnsko rudokopno društvo” ili „Društvo rudarsko Majdana Kučajne” (Srpske novine 1873, br. 252). Imena novih deoničara nisu poznata. Po Andreu novo društvo čini pet industrijalaca. Hofman je tehnički direktor preduzeća. Prema J. Gudoviću novo društvo je:

„načinilo i jednu furunu za topljenje olova i ognjište za odvajanje srebra, postrojilo pralište za odvajanje mehaničkim putem rude olova od rude cinka; podiglo je još druga razna podzemna i nadzemna postrojenja i naposledku provelo i veštački načinilo put kroz dolinu rečice Kučajske od Majdana u selo Kučajnu; na kratko rudnik je ovaj doveden u tako stanje, da je posle Majdanpeka postao najveće rudničko zavedenje u zemlji našoj, i da je vrednost njegovih pokretnosti i nepokretnosti po bilancu od 1869. godine iznosila na četiri miliona groša čaršijskih”.

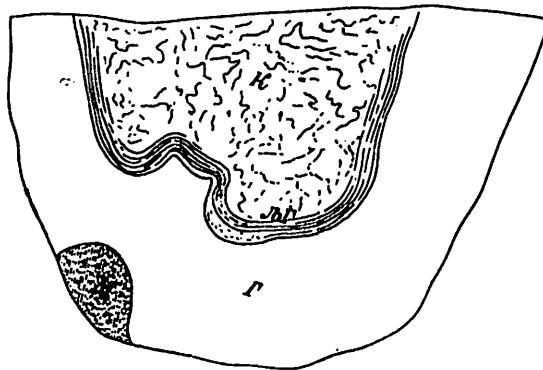
Novo društvo nije imalo uspeha kao ni predašnje. Proizvodnja rude ostala je nezadnja, zbog snažnog pritoka vode u jamske radove, a nije bilo sredstava da se nabave jače crpke. Zatim se „dogode u krugu samoga društva neka nesporazumlenja i nezgode, usled kojih se radnja društva u maju mesecu 1870. godine obustavi”. Glavna nezgoda bila je u tome što su akcionari, van Hofmanove porodice, tražili svoje delove nazad, a nisu ih mogli dobiti, jer rudnik nije bio u stanju da proizvodi. Hofmanovi napor, da za 11 godina izgradi rudnik u Kučajni, potpuno su propali. Po S. Gopčeviću u preduzeće je bilo uloženo oko milion dinara, a još je trebalo mnogo novaca, pa da se dođe do cilja. Hofman je, međutim, bio finansijski potpuno iscrpljen. Od tada je Kučajna mirovala sve do kraja oktobra 1873. godine, kada je prešla u ruke engleskog kapitala.

Izgradnja rudnika i topioniće cinka. — Pre nego što je došla u Hofmanove ruke, Kučajnu su posećivali mnogi obrazovani rudari: Herder 1835, Rekendorf 1842, Branković, Pavlović i Božić 1845, Hejrovski i Branković 1847, Branković i Sojka

1848, Đuričić 1849—1951, Abel 1849. Nijedan od njih nije pomenuo prisustvo cinkovih ruda na rudištu. Ove je otkrio, kao što je i trebalo očekivati, A. Brajthaupt profesor mineralogije sa akademije u Frajbergu. Na Herderovim primercima iz Kučajne, sakupljenim 1835. godine, prepoznao je sulfat cinka mineral goslarit, a na rudištu je 1856. pronašao sfalerit.

Iznajmljujući rudište u Kučajni od srpske vlade, Hofman nije znao da u njemu ima cinkovih ruda u značajnijim količinama. Cinkovih ruda, međutim, bilo je na svakom koraku, ponajčešće na starim kopinama. Ali kako su rude bile oksidne nisu se lako razlikovale od susednih stena. Oksidne cinkove rude pronađene su s proleća 1863. godine, delom na mestu, u celiku, pri površinskim delovima rudišta, potpuno oksidisanim, delom u starim rudarskim radovima, kao zasip ili pak na površinskim kopinama. Ruda se javljala u obliku jedrih, ljuspastih i bubrežastih masa, izmešana sa limonitom. Njena priroda nam još ni sada nije dobro poznata. B. Kota (1864) veli da je oksidna cinkova ruda galmaj (stari naziv za cinkove rude uopšte u oksidisanim delovima rudišta), pretežno karbonatski, podređeno silikatni. Po Andreu (1880) i D. Antuli (1899) kučajnski galmaji sastoje se od mešavine kalamina i smitsonita (silikatne i karbonatne cinkove rude), nastalih oksidacijom sfalerita. S. Urošević u svojoj „Mineralogiji“ поминje iz Kučajne samo mineral smitsonit. M. Ristić (1949) je ispitivao kučajnske rude pod mikroskopom i od oksidnih ruda pominje samo smitsonit. Kako je izgledalo jedno galmajsko rudište u Kučajni 1864. godine pokazao je B. Kota (sl. 3).

Kako se iz galmaja neposredno topio cink, Hofman je odmah obratio pažnju na nove rude i počeo ih tražiti i sakupljati. Do avgusta 1863. godine imao je već 20.000 centi izvađene rude. Najveći deo ove rude poticao je sa rudišta Dajbog. Iz jednog izveštaja onoga vremena čitamo da oksidne cinkove rude imaju „u velikoj množini i lako se vadi“. U neotkopanim rudištima ruda je ležala na samoj površini, na izdancima oksidisanih rudnih tela. Njih stari rudari nisu dirali. Kad su im bile na putu vadili su ih i bacali ustranu kao i svaku jalovinu. Znatna količina ovakvih ruda bila je izvađena, pa ili je ostala u jami ili je izbačena napolje. Galmaj je mestimično bio čist i imao 50—55% cinka.



Sl. 3 — Profil ležišta cinkove rude (galmaja) u Kučajni šezdesetih godina prošlog veka. Prema skici B. Kot. K — Jurski krečnjak, ljk — ljuskasti galmaj, g — galmaj, M — magmatska stena.

Inače je šarža za topnjene ovih ruda imala prosečno nešto preko 40% cinka. Antula (1900) je zabeležio da je „srednji procenat dobivenog cinka iz rude” iznosio 41,5%. Galmaj je sadržavao i plemenitih metala (do 10 g/t zlata i 200 g/t srebra).

Ne čekajući da pronađe dovoljne količine oksidnih cinkovih ruda, naročito u celiku, po krečnjacima, na mestima nekadašnjih sfaleritskih rudnih tela, Hofman je odmah pristupio podizanju topionice cinka. Kako u ovom poslu nije imao prakse, putovao je uleti 1863. godine u Belgiju, da prouči tamоšnje topionice cinka. Po povratku počeo je graditi topionicu cinka, zgradu od 40 m u kvadrat. U prvo vreme u njoj je ozidao dve šleske peći za pretapanje cinkovih ruda, zvane mufle. Topionica je završena krajem 1864. godine i u pomenutoj velikoj zgradi bile su „četiri cinkove furune; u furunama ima 120 mufli, u kojima se cinkova ruda pretapa”. Andre piše da je topionica imala 60 mufli i u njima je topljena ruda nekoliko godina. U istoj zgradi bila je „radionica za mufle, tri podruma, vodenica za mlevenje pečena ilovača i u vatri postojane cigle, za prženje ruda, kovačnica, kolarnica, tišlernica i u opšte sve radionice i mašinerije koje su takovoj fabriki potrebitne”. Prva topionica cinka u Srbiji nazvana je Mihailo, u čast kneza Mihaila Obrenovića. Još i danas se u biblioteci hemijskog instituta Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu čuva u metalu izlivena firma topionice sa natpisom:

*Topionica Mihailo Kučajna u Srbiji
Mihail Hütte zu Kucaina in Serbien*

Krajem godine topionica je proizvodila najviše 140 centi cinka nedeljno. Kapacitet joj je bio znatno veći. Po Kanicu iznosio je 1000 centi cinka mesečno.

Glinu za vatrostalne opeke, nužne pri zidanju mufli, vlasnik je našao 1863. godine u susednom selu Ceremošnji. Bila je veoma vatrostalna a javljala se na kontaktu andezita i krečnjaka. Iz nje je proizvodio „netopljive cigle” ne samo za svoje preduzeće, već i za druga (kragujevačka topolivnica kupila je 1865. godine od Kučajne 11.000 kom. vatrostalnih opeka).

Tek što je topionica cinka bila gotova, situacija u pogledu cinkovih ruda na rudištu je nepovoljna. Dok se radilo u površinskim delovima oksidisanih rudnih tela, rude je

bilo dovoljno. „Docnije kad se ova iz dubljine vaditi počela postala je na cinku sirotnija, k tomu teže topljiva”. Drugim rečima, u nižim delovima takvih rudnih tela naišlo se na neoksidisane ili poluoksidisane sulfidne cinkove rude za koje, kako se čita u jednom izveštaju, „su nužne osobite sprave za drobenje i ispiranje i osobite furune, koje više troška pa i vremena iziskuje, iz ovi uzroka i proizvodnja metala umalila se”.

Topionica cinka proradila je u drugoj polovini 1864. godine i do kraja godine proizvela je 2186,7 centi metala. Manojlo Marić veli da je topionica cinka topila rudu dve godine i za to vreme istopila 5000 centi metala. Ako je tako, ona je onda topila rudu 1865. i do polovine 1866. godine. Ministar finansija Kosta Cukić naprotiv izjavljuje pred narodnom Skupštinom, da „u Majdanu Kučajni 1865 i 1866 godine nije cink proizveden, no samo olovo, srebro i zlato”. Meni se čini, da se je ovde Cukić prebacio, jer je još do avgusta 1863. godine bilo izvadeni 20.000 centi cinkovih ruda, u kojima je bilo nešto oko 8000 centi metala. Marićevi iskazi su, prema tome, uverljiviji, utoliko pre što je Marić mlad, sposoban i ambiciozan rudarski inženjer, koji je dobro poznavao naše rudarstvo, a u Srbiji su tada radila samo tri rudnika.

Kvalitet cinka iz topionice u Kučajni nije nam poznat. Metal je samo delimično korišćen u zemlji. Kragujevačka topolivnica ot-



Sl. 4 — Metalna ploča sa topionice u Kučajni iz šezdesetih godina prošlog veka.

kupljivala je iz Kučajne cink 1865. i 1866. godine (poslednje godine 10.000 oka). Inače najveća količina metala morala se izvoziti u Austriju. A kučajnski metal bio je skup, s jedne strane što je prvi proizvod mlađog preduzeća, finansijski slabog i što mu je proizvodnja bila mala. Osim toga, metal se prevozio volovskim kolima čak do Velikog Gradišta na Dunavu. Dok je topionica radila, po nekoliko volovskih kola nedeljno prevlačilo je metal na pristanište. Za podvoz se

plaćalo forinta za centu tereta. Od V. Gradišta metal je brodovima transportovan u Austriju, gde je trebalo sebi da osvaja tržiste. Razume se da ovakav posao nije doneo vlasniku koristi. O tome Đ. Branković, načelnik rudarskog odjeljenja u Beogradu izveštava ministra finansija:

„Naposletku moram nešto i o proizvodnju cinka spomenuti. Poznato je da su četiri furune za topljenje cinka načinjene i još letos u radu puštene bile. Najveći proizvod bio je do 140 centi nedeljno, koji je mogao se uvećati, no to kao u početku nije činjeno iz više uzroka, od koji je glavni da je trebalo naći pijacu proizvoda, a ta je nažalost za sada još jedino Austrija, gde metal mora konkurirati sa praškim i belgijskim, pak što je najgore zbog nesigurnosti ažija i gubitke u novcu pričinjava često po 20%. Osim toga ovaj proizvod kao nov i stran za pijace gornje mora sebi imena steći, te da veće količine sigurne kupce nadu“.



Sl. 5 — Kućajna iz prvog perioda Hofmanovog rada u njoj. Topionica pri vrhu slike (V. Karić: „Srbija“, str. 392).

Izgradnja rudnika i topioničce olova. — Očekujući da u starim rado-vima Kućajne otkrije olovne rude, što mu je bio osnovni cilj, Hofman je mesto njih pronašao cinkove, pa se 1863. i 1864. godine bayio uglavnom njihovim vadenjem i topljenjem. Ali nije prenebregao ni istražne radove na olovnim rudama. Prvih meseci rada, čisteći stare rudarske radove sakupio je samo 100 oka olovne rude, čiji je jedan primerak imao 70% olova i 2 kila zlatonosnog srebra na tonu rude. Ovo je bio nesumnjivo povoljan znak o plemenitosti kućajnskih ruda i snažan podstrek za dalja istraživanja. Do avgusta 1863. g. u potkopu „Nikoli“ izvadeno je svega 30 centi olovne rude. Ukupni rezultati na

istraživanju olovnih ruda bili su nepovoljni. U ovoj godini Hofman se nadao otkriću ako ne bogate, a ono bar siromašne olovne rude, do 25% olova, ali bogate srebrom, zlatom i bakrom. Takvu rudu on bi prodavao nekoj banatskoj topionici, a sa dobijenim novcem proširio bi i uskoro istražne radove.

Nešto veće količine olovnih ruda pronađene su 1864. godine, no na takvoj dubini „da se bez mašina za crpljenje vode i velikog troška vaditi nemože, jer je ispod nivoa tamošnji potoka“. Krajem godine olovna ruda istraživana je sa nekoliko potkopa. Središte istražnih radova je čuveno brdo Dajbog, pokriveno mnogobrojnim svrtnjevima. Najglavniji tadašnji istražni rad bio je potkop Nikola. Krajem 1864. godine, on se nalazio u čvrstom krečnjaku. Bio je dug 126 m. Sa kraja potkopa produžavala su se dva kraka, desni od 82 m a levi od 50 m. U poslednjem kraju „nadena je olovna ruda na srebru i bakru bogata, a nešto sa zlatom pomešana... po činjenim opitim na mestu ruda sadržava 31% olova, 2% bakra 8 lota srebra i 1/4% i 3/10 lota zlata“. Kao što se vidi, ruda je bila veoma bogata plemenitim metalima (srebra je imala 1380 g/t a zlata 85 g/t). Iz potkopa „Nikola“ spušteno je za rudom slepo okno od 33 m dubine. Rezultati, međutim, nisu bili ohrabrujući.

Istočno od brda Dajbog „otvorena su dva stara okna u tvrdom kamenu pročišćena i nuždnim merdevinama i čekrcima snabdevena“. Njima se ušlo u prostrane podzemne otkope staroga vremena.

Drugi važniji potkop u Kućajni (sem Nikole) bio je donji Kosta. To je stari potkop, opet u čvrstom krečnjaku. Producen je u pravcu za 118 metara i došao je do starih radova. Iz njega se starim kosim oknom sišlo u dubinu za 15 m. Voda je savlađivana pumpama.

Iznad ovog potkopa je gornji Kosta, izraden u dacitima na dužini od 56 m. Iz njega se krenulo oknom naniže. Postojao je još 1864. godine i potkop Đorđe, dug 84 m. Cilj mu je bio da Dajbog podide sa zapada. „Svi potkopi“ kako veli Đ. Branković „otvrađani su i produžavani k rečenoj celji, da se pod stare olovno-srebrne rudokopnje podide, te da tamo neizvadena ruda nađe se“.

Najzad, olovna ruda u ovo vreme kopana je i u dolini Ciganska; pronadena je prilikom izgradnje puta, kojim je dovlačena glina u

Kućajnu iz Ceremošnje. Do kraja 1864. godine bilo je izvađeno preko 1000 centi „olovo srebro sadržavajuće rude”.

Kako je neprekidno bio u oskudici sa kapitalom, Hofman je krajem 1864. godine počeo graditi u postojećoj zgradi topionice cinka i malu peć za topljenje olovnih ruda, i ognjište za odvajanje srebra od olova. Hteo je odmah da preradi izvađenu rudu i dode do novaca. Peć je bila gotova početkom januara 1865. godine i mogla je dnevno „oko 10 centi čista olova izbacivati”. Polovinom januara 1865. godine Hofman nudi na prodaju ministarstvu vojske olovu i cink, koje će liferovati, koliko kad bude trebalo, tražeći unapred za metal 2000 dukata. Ministarstvo je prihvatile ponudu i zaključilo sa preduzećem ugovor o kupovini 50.000 oka olova i 10.000 oka cinka. Prvu količinu ugovorenog metala trebalo je predati vojsci krajem jula 1865. godine. Do toga vremena Hofman se nadao da će uspeti da izgradi ognjište za odvajanje srebra od olova. Taj se posao, međutim, pokazao složeniji, nego što se mislilo. I zbog toga oovo nije moglo biti isporučeno do određenog roka. Hofmanu je trebalo „nabaviti mašine i u tome poslu vešt lice, koje sve da nije mogao odma učiniti, što je pojava ovog srebra u olovu iznenadna bila”. No uzroci zakašnjavanja isporuke bili su svakako drugi. Verovatno je bila po sredi nestaćica novca.

Topljenje olovne rude samo po sebi nije bio složen posao i počelo je u proleće 1865. godine. Ali na odvajanje srebra i zlata od olova moralo se čekati do prve polovine avgusta. Za prvu proizvodnju srebra i zlata u zemlji vladalo je veliko interesovanje. Topljenju se spremao da prisustvuje i ministar finansija Kosta Cukić. Proces oksidisanja olova i dobijanja zlatonosnog srebra opisao nam je anonimni reporter „Srpskih novina”.

Oovo je oksidisano u ognjištu prečnika 2—3 stope, dubokom nekoliko palaca. Iznutra je bilo premazano lepom, sastavljenim od mlevenog mermera i ilovače. Preko ognjišta se stavlja gvozdeni kapak, premazan istim lepom. Kad se poklopac spusti na ognjište „izgleda kao kad se crepulja sačom poklopi, samo što na obodu crepulje ima oduška”. Oovo se spusti na ognjište, poklopi i kroz naročite otvore „se plamen posredstvom cevi od meha unaokolo tera da preko olova liže i ovo se topi, a površina u rđu

(gleđ) pretvara”. Gleđ sa površine olova po-lako ističe iz ognjišta i zgrudvava se. Posle nekoliko sati oksidacije na dnu ognjišta ostanе srebro, koje se polije mlakom vodom da se stine „i kao pogača iz ognjišta izvadi”. Prilikom svečane probe odvajanja srebra iz olova na ognjište je stavljeno 12 centi olova. Topljenje i oksidacija trajali su 24 časa. Dobijeno je 9 funti srebra; 0,96 funti zlata; 0,7 funti nečistog srebra pomešanog sa ilovačom, koje se oslobođa prepiranjem. Gleđa je dobijeno 654 funte crvenog i 339 funti zelenog. Ostalo je još 352 funte olova i gleđa sa ilovačom, što se mora ponovo pretapati. Polovinom avgusta 1865. godine Hofman je imao još preko 30 centi olova iz kojega je trebalo odvojiti plemenite metale.

Ni posao sa proizvodnjom i preradom olovnih ruda nije bio uspešan. Iznad nivoa potoka stari su bili povadili rudu, a ispod toga bilo je mnogo vode, koja nije dozvoljavala da se radi. Hofman je morao najpre da pročisti stare radove, pa tek iz njih da siđe naniže za rudom. A to je bio mučan i skup posao. Krajem 1864. godine Đ. Branković o tome piše: „Radnja na ovdašnjim olovnim rudokopima mora i teža i skupljia biti, pa u početku i posve skupa iz uzroka, što potkopi moraju se duboko i daleko podzemno provajivati, da se podiđu sva ona mesta, na kojima su stari radili pa i(h) iscrpili”. Po Brankovićevim rečima na rudniku u Kućajni se dobro radi i on obećava lepu budućnost, ako vlasnik imadne dovoljno novaca, da preuredi preduzeće i istražuje olovne rude u dubini.

Nevolje preduzeća nisu se iscrpljivale ni u naporima za proizvodnju rude. Bilo je i težih problema. Sa dubinom ruda je menjala svoj mineralni sastav. U drugoj polovini 1865. godine ona se sastojala od mešavine cinka, olova, bakra, srebra i zlata. Bila je skoro neoksidisana. Ali kao takva, ona je za postrojenja u Kućajni, predviđena za proizvodnju i preradu čistih olovnih i oksidnih cinkovih ruda, bila skoro neupotrebljiva. Nije bilo postrojenja za razdvajanje različitih minerala a zatim za njihovu koncentraciju. Niti su se u Kućajni mogle topiti sulfidne cinkove rude. S mukom i velikim troškovima izvađena ruda nije mogla da se preradi u sopstvenoj topionici, već je uletio 1865. godine 900 centi rude poslat u Frajberg na topljenje u tamošnjim topionicama. Šaljući ovoliku količinu rude u Frajberg, Hofman

je želeo da postigne dvostruku korist; s jedne strane, da dode do novca a sa druge, do šeme prerade rude, po kojoj bi preinacio ili izgradio nova postrojenja u Kučajni. Po Hofmanovim procenama ova je ruda vredela 20.000 forinti. Za nju je, međutim, dobio samo 8.000 s obrazloženjem, da je ruda bila teška za topljenje.

U toku 1866. godine nastavljeno je u Kučajni topljenje olovnih ruda, pored toga što su kompleksne rude i dalje prodavane inostranstvu. U Kučajni su prebirane i pretapane najčistije olovne rude. Ne znamo koliko je rude ove godine istopljeno, ali se zna, koliko je iz nje dobijeno metala. O tome čitamo iz jednog Hofmanovog pisma:

„Samо u оvoј godini proizvedeno je sledeće i то: Srebra za kovanje novaca predatog peštanskoj kovnici od 1 januara do 17 septembra 112 funti u vrednosti od 60.480 groša; zlata 6,05 funti u vrednosti od 53.160 groša; olova i gleda proizvedeno je 120 centi u vrednosti za 17.000 groša; ugotovo se nalazi 40 centi olova koje sadrži 20 funti srebra u vrednosti 10.800 groša i 1,5 funta zlata za 10.130 groša. Potome 350 centi rude i lehe koji imaju 22 funte srebra u vrednosti 11.800 groša i 1,6 funti zlata u vrednosti 12.960 groša“.

Iste godine u preduzeću je bilo zaposleno 44 rudara i topioničara. Januara 1867. god. iz 12 do 15 centi rude dobijeno je 6 centi olova, koje je prodato po 14 fl. i 38 kr. za centu, 6 funti zlata prodato po 675 florina i 58 funti srebra, čija je vrednost iznosila 45 fl. za funtu. Zlato i srebro prodato je peštanskoj kovnici. Ukupno je uzeto za sve metale 7.388 fl.

Materijalne nevolje i neuspesi u otkrivanju i preradi ruda ne obeshrabruju Hofmana. On čvrsto veruje u bogato oruđenje Kučajne. U jesen 1866. godine on se nuda da će se za 6—12 meseci „odkriće u dubljini postepeno toliko unaprediti, da će se moći isplatiti ne samo dužna suma sa interesom na interes, nego i u radnju založeni kapital od 200.000 forinti srebra bogato nagraditi“. Da ove nade nisu naučno osnovane, veli da je Hofman, zacelo ne bi svoje imanje uložio u preduzeće. No nade se ni ovoga puta nisu ostvarile.

Rudarstvo olova u Kučajni tavorilo je sve do kraja 1867. godine. Tada je došlo do novog priliva novca u preduzeće osnivanjem „Kučajnskog rudokopnog društva“. Od tada se radovi na istraživanju olovnih ruda po-

jačavaju. Na rudniku je preduzeće „svu svoju snagu upravilo na to, da napravi jedno veliko, duboko okno, koje bi pod nivo glavnih podkopa podišlo i svu vodu iz rudnika prikupilo, te da se ona posle napolje sa šmrkovima izvuče“. I zaista, iskopano je u vulkanskoj breći okno zvano „Varvara“, duboko 70 m. Iz njega se pošlo galerijom prema rudnom telu, praćenim oknom iz potkopa „Nikola“. Ali kad se došlo do krečnjaka, provalila je voda i potopila radove, jer je crpka bila slaba.

Kako se sa dubinom promenio i karakter ruda, jer su rude bile skoro neoksidisane, to je društvo pristupilo izgradnji modernog prališta za odvajanje olovnih od cinkovih ruda, prvo postrojenje ove vrste u Srbiji. Pralište je pokretala parna mašina. Izgradene su i nove peći za topljenje olovne rude i to jedna za prženje (Röstofen) a druga za topljenje ruda (Schachtofen). Napravljeno je i novo ognište za odvajanje srebra (Treibherd). Nova topionica je, međutim, imala velike gubitke.

Rudnik i topionica olova radili su povremeno do maja 1870. godine. Podaci o proizvodnji su delimični. Celokupno olovo je ponovo prerađivano, da bi se izvukli plemeniti metali, koji su najvećim delom prodavani kovnici u Budimpešti. Na priloženoj tablici pokazan je, prema „Državopisu Srbije“ izvoz rude, gledi i plemenitih metala, koji potiču gotovo isključivo iz Kučajne. Samo za 1873/74. godinu pokazano je u opštoj količini nešto i antimonskih ruda. U „Državopisu“ za 1866/67. godinu pokazana je količina od 88 kg srebrne i zlatne rude u vrednosti od 197.000 groša. Ovo je pogrešno označeno kao ruda. To je, u stvari, plemeniti metal iz Kučajne, srebro sa zlatom, prodato peštanskoj kovnici novca.

Kučajna u rukama engleskog kapitala

Preduzeće u Kučajni nije radilo od maja 1870. do oktobra 1873. godine sem što je vlasnik, sa nekoliko radnika, održavao podzemne rudarske radove, i tražio kupca ili finansijera. Onda su se pojavila dva Englez, inženjeri i rođaci Brajt, poznati u ono doba zbog polaganja telegrafskog kabla između Evrope i Amerike. Oni su od Hofmana uzeli Kučajnu i preneli na sebe sva prava, koja je Hofman imao po ugovoru sa državom. „Srpske novine“ su o tome obavestile javnost:

„Na osnovu § 5 i 6 trgovackog zakonika, javljaju svima i svakome, da je dosadašnje društvo Majdan-Kučajnsko, koje je radilo pod firmom Društvo rudarsko Majdansko Kučajne prestalo raditi, pošto je na nas prenelo sva svoja prava i dužnosti odnosno rudarstva i da ćemo mi od sad rudarsku radnju upražnjavati u Majdan Kučajni pod firmom

Kucaina Bergbau, Charles T. Bright et
Edward B. Bright

Kučajnska rudokopnja Šarla T. Brajta i
Evdarda B. Brajta

Charles T. Bright, Edward B. Bright
Šarl T. Brajt, Edvard B. Brajt.”

Uslovi pod kojima je Kučajna prešla u engleske ruke nisu poznati. Belgijski ambasador u Beogradu Borchgrave je zabeležio, da su braća Brajt plaćala 5% od dobijene vrednosti, verovatno državi ili možda Hofmanu. Po veštoto skloprenom ugovoru novi vlasnici otplaćivali su vrednost rudnika u ratama. Kako su, međutim, položili samo nekoliko rata, pa napustili posao, to je od svih ranijih deoničara rudnika najgore prošao Hofman, jer je imao i najviše deonica. On je na celom poslu oko Kučajne izgubio ne samo nekoliko desetina hiljada dukata ličnog i porodičnog imanja već i deceniju izvanrednih npora, da u zaostaloj zemlji, kao što je Srbija, izgradi savremeni rudnik za proizvodnju olova, cinka, srebra i zlata. Za ovakav poduhvat kapital mu je bio pre slab. Poduhvat je svakako za divljenje, pogotovo kad se zna da srpska država nije bila u stanju da izgradi ni tehnički znatno jednostavnije rudnike gvožđa i bakra u Majdan peku.

Po ustupanju Kučajne Englezima Hofman je ostao bez rudnika i novaca, ali je sačuvao veru u bogatu i plemenitu sadržinu rudišta u Kučajni. Zbog toga je pristao, da pored dužnosti, kojih se primio u ministarstvu fi-

nansijsa, obavlja i poslove direktora u Kučajni. Ali kad je počela bezobzirna eksploatacija rudišta i žurno unovčavanje rudničkih proizvoda, jer novi vlasnici nisu hteli da toppe rude na mestu, Hofman napušta preuzeće krajem 1874. godine.

Čim su se domogli Kučajne, novi vlasnici su nastojali da što pre povade ono malo rude, što je bilo otvoreno. Odmah su zaposlili 300 radnika i nabavili iz Engleske lokomobilu od 25 k.s. za pokretanje pumpi u oknicima „Varvara” i „Nikola”. To je ona lokomobile, što je video Vladan Đorđević aprila 1874. godine na ušću Peka u Dunav, kad je pratio kneza Milana u Carigrad. Osim lokomobile novi vlasnici su nabavili i kompresor sistema Burleigh, koji je snabdevao vazduhom dve Ingersolove bušilice i dve pumpe tipa Tangye, Bros i Holman. Pumpe su bile postavljene u „Varvara” i „Nikola” oknu, dodajući vodu jedna drugoj.

Iz okna „Varvara” Englezi su galerijom „Karolus” podišli rudno telo okna „Nikole” i počeli eksploataciju. Na nivou potkopa „Nikola”, pobočnim hodnicima otkrili su nova rudna tela, jedno od 13.000 centi oksidisane olovnocinkove rude, zvane brajnung (Bräumung) a drugo od 8.000 centi galmaja. Veći deo ovih ruda obogaćen je suvim putem a manji deo mokrim. Ruda je izvezena u Frajberg i prodata „Kraljevskoj saksonskoj tampionici olova”. Proizvodnja kučajnskog rudišta iz ovoga perioda poznata je delimično. Od jula do kraja septembra 1874. godine izvezeno je iz Kučajne 460.080 oka (11.502 centi) rude, čija je vrednost iznosila 19.170 do 24.000 dukata. Do 1875. godine, kako veli Kanic, proizvedeno je i prodato u Frajberg 22.000 centi zlatonosnih i srebrinosnih ruda (svakako olovno-cinkovih) i 8.000 centi cinkovih ruda u vrednosti 210.000 maraka. U

Tablica 1

Izvoz rude, gledi i plemenitih metala iz Srbije (težine u okama, vrednost u groševima)

Godina	Srebrna ruda		Gled		Zlato		Zlato i srebro		Srebro	
	količina	vrednost	količina	vrednost	količ.	vredn.	količ.	vredn.	količ.	vredn.
1865/6.	—	—	2.870	11.120	—	—	—	—	—	—
1866/7.	—	—	—	—	—	—	88	197.000	—	—
1867/8.	—	—	2.877	11.508	13	23.400	—	—	—	—
1868/9.	—	—	541	2.164	2	3.600	—	—	—	—
1869/70.	—	—	196	784	4,6	8.480	—	—	26	28.160
1873/4.	356.136	888.922	—	—	—	—	—	—	—	—
1874/5.	50.226	125.565	—	—	—	—	—	—	—	—

1875. godini proizvedeno je olovne rude 14.659 centi i oksidne cinkove rude 4.925 centi. U ovim rudama bilo je 229,853 funte srebra i 33,36 funti zlata, sve to u vrednosti 245.545 dinara. „Braća Brajti iz Londona”, piše 1876. godine J. Gudović načelnik rudarskog odeljenja, „znatne sume godišnje kao čistu dobit pokazuju”. Iste godine M. Đ. Milićević veli: „braća Brajti hvale se da radnja ide vrlo dobro”. T. Andre je naprotiv mišljenja, da posao nije išao kao što treba zbog visokih transportnih troškova i pada cena srebru.

Srpsko-turski rat od 1876. godine nepovoljno je uticao na rудarstvo u Kučajni. Čim je izbio ustank u Hercegovini, Austrija je zabranila izvoz eksploziva u Srbiju. Dinamit se teško mogao dobiti, a ukoliko je i nalažen, plaćan je po dvostrukoj ceni. Barut je u Srbiji poskupeo za 50%. Zbog svega toga vlasnici su avgusta 1877. godine obustavili radove u Kučajni.



Sl. 6 — Kučajna iz osamdesetih godina prošlog veka
(D. Jovanović: „Or et cuivre”, str. 89).

Po S. Gopčeviću firma Brajt imala je nameru, da eksploatišući neko bogato rудno telo, osnuje akcionarsko društvo i da se na njegov račun obogati. Ovo je kazivanje sasvim verovatno. Za prva dva meseca rada u 1873. godini vlasnici su otkopali 555,7 centi olovne rude, koja je navodno imala 650 grama zlata i 1.330 grama srebra na tonu rude. Sadržaj plemenitih metala u rudi je veoma sumnjiv. Nikada, ranije ili dognije, kučajnske rude nisu bile tako zlatonosne, niti je odnos zlata prema srebru bio takav. Ovako neobično bogato orudnjenje trebalo je da posluži kao mamac za lakoveran svet, da upiše akcije preduzeća braće Brajt. Gopčević piše da firma Brajt nije uspela u svome poduhvatu, jer je nestalo rude pre nego što se očekivalo. A istražne radove Englezi nisu uop-

šte vodili. Oni su na brzinu povadili svu rudu, do koje se moglo doći sa najmanjim rashodima, i izgubili se iz Srbije sa svojim plenom. Srpskoj državi ostali su dužni 20.000 funti sterlinga. Baš u to vreme društvo je i bankrotiralo.

U 1883. godini došlo je ponovo do promene vlasnika u Kučajni. Ovoga puta to je Džon Lič (Leach), koga S. Gopčević naziva gusarom a F. Kanic opasnim š vindlerom. Lič je nastavio posao svojih prethodnika, posvetivši se, uglavnom, sečenju šume sa rudničke domene. A zatim se sa opljačkanim novcem izgubio iz Srbije. To je sve što se moglo saznati o poslovanju engleskog kapitala u Kučajni.

Pravi vlasnik Kučajne Feliks Hofman pokušao je preko požarevačkog okružnog suda da prisili braću Brajt, da mu naknade štete, nanete rudniku bezobzirnom eksploracijom. Avgusta 1884. godine okružni sud u Požarevcu osudio je braću Brajt „da plate g. Feliksu Hofmanu, inžinjeru iz Beograda 4.857 i po funti sterlinga sa interesom i troškovima. Osim ovoga imaju da naknade srpskoj državi: dug državnoj kasi 6 734,87 dinara”. Da li su Čarls Tristan Brajt i Edvard Brojinsfond Brajt, trgovci iz Londona platili pomenute sume nije poznato.

Hofman uzima ponovo Kučajnu u zakup

Kučajnsko rudište ostalo je neaktivno punih 10 godina (1877—1887). Hofman je vodio sa strancima parnicu. Srpska vlada je zatim poništila strancima povlasticu řudnik ponovo ustupila Hofmanu, koji se obavezao, da u preduzeće uloži milion dinara. Godine 1888. počela se vaditi i topiti olovna ruda. Ne znamo odakle je Hofmanu novi kapital, uložen u Kučajnu, niti se zna ko su mu deo ničari. Znamo samo toliko, da je u preduzeće uložio 1.000 funti, koje je dobio za svoj deo živinog rudišta na Avali. U 1891. godini uloženo je u preduzeće 50.000 dinara. Proizvodnja je, međutim, bila nezнатна. Ručno obogaćena ruda izvezena je preko V. Gradišta delom u Frajberg, delom u Šleziju, a nešto rude prodato je i austrijskim topioničcama. Ovakvo poslovanje bilo je, međutim, nerentabilno zbog visokih transportnih troškova, naročito od Kučajne do V. Gradišta. Zbog toga se vlasnik odlučio da izgradi moderno pralište i novu, veliku topionicu.

Iz izveštaja šefa rudarskog odeljenja za 1891. godinu saznajemo o Kučajni:

„Kod rudnika postoje: velike topionice cinka i olova, koje ne rade od dužeg vremena, jedna zgrada za prebiranje rude, probirnica, radionica za kovače, tišlere i tesacé, mlin za mlevenje zemlje, radionica za izradu vatrostalnih cigalja, magacin za barut, magacini za hranu i materijal, jedna velika zgrada za kancelariju, četiri dvospratne zgrade za obitavanje činovnika, 13 zgrada za stanovanje radnika od po dve familije i osam za po jednu familiju.

„Radovi do sada izvršeni jesu:

a) u severnom delu rudišta: okna sa ukupnom dubinom od 100 m i potkopi u dužini svega 300 m.

b) u srednjem delu rudišta: okna sa ukupnom dubinom od 206 m, galerije u dužini od 1538 m. Varvara okno ima 72 m a galerija iz istog okna ima 226 m. Đorđevo okno ima 26 m i galerije poterane iz istog okna iznose u dužini 130 m. Angelina okno za izvlačenje kopine ima 59 m, okno za radnike 24 m.

v) u južnom delu rudišta: potkopi u dužini od 2470 m i razna okna u dubini svega 471 m.

Glavni potkopi kučajnskog rudišta bili su „Nikola” i „Kosta”. Oni su održavani još početkom našeg veka.

Kučajnu odnosno njenog vlasnika zadela je velika nesreća 1894. godine. Prilikom topljenja ruda došlo je do požara, koji je upropastio sve tehničke zgrade rudnika. I posle požara vlasnik je nastojao da obnovi rudnik i topionicu ali bez uspeha. Iz jednog komisiskog izveštaja od 1903. godine čitamo za Kučajnu:

„Prekid u radu kao što je zakupac na saslušanju izjavio, nije nastupio zbog kakvih špekulacija ili špekulativnih obzira, već isključivo zbog toga, što je zakupac iscrpio svoj i svoje familije kapital, dakle zbog oskudice u novčanim sredstvima”.

Ovim se i završava istorija rудarstva u Kučajni. Hofman je praktično napustio rudnik u Kučajni krajem prošlog veka, iako mu

je zakup isticao 1912. godine; Tablica 2 pokazuje poslovanje Kučajne poslednjih godina rudarskoga rada.

Proizvodnja rudnika i topionica. — Na tablici 3 pokazana je proizvodnja kučajnskog rudišta i topionica, ukoliko je gde registrovana. Razumljivo je da je ona nepotpuna, negde i protivrečna. Kučajna je počela proizvoditi baš u vreme, kad se uvodila zvanična statistika u zemlji, pa ova nije mogla odmah da obuhvati sve grane državnog života. Za 1865. godinu ne zna se koliko je proizvedeno olovne rude. Jedan deo je pretopljen u Kučajni, a 900 centi izvezeno je u Frajberg. Kanic piše da je 1874. godine izvezeno iz Srbije 22.000 centi olovne i 8.000 centi cinkove rude. Iste godine, međutim, proizvedeno je 11.502 centi olovne rude, dok proizvodnja cinkove nije ni registrovana. Već smo ranije govorili o neslaganjima u proizvodnji cinkovih ruda. Ove nesaglasnosti i protivrečnosti dolaze otuda, što je proizvodnja preduzeća bila nerедovna. Topionice olova i cinka topile su rudu periodično, jer za neprekidnu proizvodnju nije bilo rude. Za Hofmanovog rada u inostranstvo je izvožena ruda koja se u Kučajni nije mogla pretopiti. Za vreme engleskog poslovanja izvožena je celokupna proizvodnja rudišta i prališta. Sumarna proizvodnja rudišta iznosi, prema računanju i procenjivanju (od 1849—1899. godinë):

Srebrnosne olovne rude	po podacima po proceni	43.477 centi 3.000 "
		Svega 46.477 "
Cinkove rude uopšte	po podacima po proceni	37.318 " 5.000 "
		Svega 42.318 "

Tablica 2

Godina	Broj rudnika	Vis. dnevnice		Broj rad. nadnicu	Izvadeni rude u cen- tama	Proiz. metala u centama	Izvez. metala iz Srbije	Vred. rudar. proizvodnje	Troškovi eksploatac.	Uloženi kapital	Duzina rud. pruga	Utroš. kg	
		rudara i topionič.	nadni- čara									baruta	dinamita
1894.	23	2	1,2	—	80 Zn	36	36	1.905	13.854	—	448	—	216
1895.	11	1,6	1	—	80 Pb	11	99	381	10.122	—	448	40	58
1896.	13	1,9	1	1.142	—	—	—	—	9.503	1.060.000	634	—	—
1897.	51	1,8	1	8.980	1.200 Zn	—	—	8.000	27.583	1.082.000	634	—	—
1898.	23	1,8	1	782	152 Pb	—	—	1.500	4.240	1.152.359	634	—	—
1899.	4	—	—	—	—	—	—	—	—	1.152.359	—	—	—

Prema tome rudište je za 50 godina rada dalo svega 8.900 tona ruda, olovnih i cinkovih, obogaćenih i sirovih, sulfidnih i oksidnih.

Proizvodnja topionica je iznosila:

Olova po podacima po proceni	1.056 centi 480 "
Svega	1.536 "
Cinka po podacima	1.632 "

Teže je utvrditi proizvodnju plemenitih metala. Još je najsigurnije, ako je izračunamo iz proizvodnje olovnih ruda, odnosno količine olova u rudi. Ako uzmemo da je ruda, pokazana u tablici proizvodnje, imala 40% olova, onda je iz nje, po Hofmanovom računu iz 1866. godine moglo biti dobijeno

5.208 kg srebra i
390 kg zlata.

Sve ovo razume se, pod pretpostavkom, da je sadržaj plemenitih metala bio konstantan u rudi.

Interesantan je odnos u vrednosti proizvodnje pojedinih metala kučajnskog rudišta

za 1866. godinu. Tiče se olovnih ruda sa šrebrom i zlatom. Vrednost pojedinih metala iz izvesne količine pretopljenih ruda iznosila je:

Olova i gledi	17.000 groša
Srebra	60.480 groša
Zlata	53.160 groša.

Prema tome, na olovo otpada 13%, srebro 46% i zlato 41%.

O rudama kučajnskog rudišta

Osobine ruda, vađenih u prošlom veku u Kučajni, poznate su nam samo toliko, koliko ih je opisao T. Andre, kome se pružila prilika, da vidi rudište u otkopavanju, zajedno sa njegovim rudama. Sve što je kasnije pisano o rudama iz Kučajne, tiče se ili primeraka nadenih van rudišta, ili je pak pričavanje Andreovih opisa, odnosno Hofmanovih usmenih saopštenja. Kučajnsko rudište proizvodilo je u prošlom veku dve vrste ruda: olovne, ili bolje reći olovno-cinkove rude, sa visokim sadržajem plemenitih metala, zlata i srebra, i cinkove rude.

Olovne rude. — Sastoje se od galenita, sitnozrnog ili krupnozrnog, ređe či-

Proizvodnja kučajnskog rudišta i topionica (po godinama)

Godine	Proizvedeno							Primedba
	r u d e		m e t a l a					
	olova	cinka	olova	cinka	srebra	zlata		
1849—52.	150	—	—	—	—	—		
1863.	30	—	—	—	—	—		
1864.	1.000	20.000	—	2.187	—	—		
1865.	—	—	50	3.000*	—	—		
1866.	—	—	160	—	112	6,05		
1873.	555,7	—	125,4	—	73,865	36,15		
1874.	11.502	—	—	—	—	—		
1875.	14.695	4.925	206	—	—	—		
1885.	399	—	—	—	—	—		
1888.	1.260	—	53,4	—	25,389	0,973		
1890.	—	1.217	—	486	—	—		
1891.	5.897	104	219	38	56,019	0,376		
1892.	7.184	1.592	207	684	61,862	0,420		
1893.	729	—	—	—	—	—		
1894.	—	80	35	3,6	—	—		
1895.	80	—	—	1,1	—	—		
1897.	—	120	—	—	—	—		
1898.	152	15	—	—	—	—		

* i za polovinu 1866. godine.

stog, inače pomešanog sa sfaleritom i piritom. Galenit je najrasprostranjeniji mineral u rudištu. Ali u otkopanim kučajnskim rudama bilo je znatno više oksidne olovne rude, ceruzita. Rudište je više ili manje bilo zahvaćeno oksidacijom doklegod su dopirali jamski radovi. To je i razumljivo s obzirom da se omanja rudna tela nalaze u jako vodonosnim krečnjacima. Do nivoa podzemnih voda rudna tela bila su skoro potpuno oksidisana. Olovna ruda dobijena iz njih zvana je brajnung (Bräunung). To je okrasto obojena oksidna ruda, sastavljena od ceruzita, sa nešto malo galenita, limonita i verovatno galmaja. Takve rude karakteristične su i za kosmajsko rudište u selu Babama. U Kučajni one su koncentrisane suvim i mokrim putem.

Iz literaturnih podataka nigde se ne vidi. da je ruda oprobana u celiku. Sve hemijske analize odnose se na izvadenu olovnu rudu. Prosečan sadržaj olova u otkopanoj rudi iznosio je (po godinama):

	1864.	31%	1874—1876.	24,4%	1891.	37%
	1873.	22,4%	1888.	28%	1892.	28%

Jedna gomila otkopane rude od 430 centi imala je 22—24% olova, a ruda iz jednog rudnog tela, otkopanog 1864. godine, imala je 31% olova. S. Đuričić je od 1849—1852. godine izvadio u Kučajni 150 centi rude sa

45—50% olova. Mislim da ovo nije sirova, već ručno prebrana ruda. Brajnung je imao 15—50% olova.

Kučajnske rude u poređenju sa ostalim našim olovno-cinkovim rudama sadrže neobično velike količine plemenitih metala, srebra i zlata. Novijim ispitivanjima u kučajnskim olovnim rudama nađeni su minerali srebra i to: samorodno srebro, argentit, diskrafit (Ag_3Sb) pirargirit (Ag_3SbS_3), polibazit /($9\text{Ag}_2\text{Cu}_2\text{S}$)/ (SbAs_2S_3) i najverovatnije tetraedrit. Sada je sasvim jasno, otkuda je toliko srebrovitost kučajnskih galenita. Prema do sada poznatim analizama, preradene kučajnske rude imale su po godinama sledeće količine srebra:

Tablica 4

Godina	Ruda sadrži		Sadržaj srebra na procenat olova
	Pb %	Aq g/l	
1863.	70	2.000	28,6
1864.	31	1.380	44,5
1873.	22,4	1.330	59,3
1874—76.	24,4	1.200	49,1
1888.	28	2.010	71,7
1891.	37	900	24,3
1892.	28	800	28,5

Iz analiza pojedinih komada rude dobija se ovakva slika srebrnosnosti:



Sl. 7 — Deo rudarske kolonije u Kučajni.

Galenit sa antimonitom (50—60% Pb) sadrži	3 000—8 000 g/t srebra
Galenit (50—68% Pb) sadrži	1 000—5 000 " "
Galenit sa piritom i sfaleritom (30—40% Pb)	800—2 000 " "
Brajnung (15—50% Pb)	200—5 000 " "
Pirit sa galenitom (8% Pb)	5 770 " "
Galenit (45,5% Pb)	1 856 " "
Galenit sa 78% Pb	2 995 " "
Sitnozrni galenit	2 550 " "

Najviše srebra pokazao je primerak galenita sa antimonitom. Na tonu rude imao je čak i 8 kila srebra. Ovo je sada potpuno razumljivo kad znamo, da su svi minerali srebra u kučajnskom rudištu, sem samorodnog srebra i argentita, sulfosoli antimona, pa je koncentracija antimona u pojedinim delovima rudišta u isto vreme i koncentracija srebra. Praktično uzev, Hofman je 1866. godine izvlačio iz svake tone olova 2,8 kg srebra. Nigde, međutim, nije zabeleženo sa kakvim je iskorišćenjem radilo ognjište.

Što se tiče zlata u kučajnskim rudama još se ne zna gde se ono krije. Literaturni podaci o sadržini zlata u rudi su nesigurni, neki očevidno sračunati, da se postignu izvesni ciljevi. U 1873. godini bilo je navodno 650 grama zlata u toni izvađene rude. Ovo je svakako netačno. Baš tada je firma Brajt želela da namami ulagače, da povere novac društvu, koje su oni hteli da osnuju. Kad to nije uspelo, sadržaj zlata u rudi pao je od 1874—1876. godine na 28,3 g/t. Hofmanu su u 1888. godini bili potrebni finansijeri za Kučajnu, koja je od pre godinu dana ponovo u njegovim rukama. Iste godine olovne rude, prema podacima iz literature, imale su 77 g/t. Posle tri godine u istim rudama bilo je svega 6,5 g/t zlata na tonu rude. Ali ima jedan podatak, koji mi se čini verodostojan u pogledu sadržine zlata u kučajnskim rudama. U 1866. godini, po Hofmanovom računu, iz 40 centi olova mogla se dobiti jedna i po funta zlata, što znači da je centa olova imala 21 gram zlata. Prema tome, u toni kučajnskog olova bilo je 1866. godine 2.800 grama srebra i 210 grama zlata. Odnos srebra prema zlatu bio je 13,3 : 1.

Kučajnske rude svakako ne sadrže tako mnogo zlata, kao što to pokazuju mnoge analize. T. Andre je svojevremeno izneo mišljenje, da je zlato vezano za kvarc. Ukoliko je u rudi bilo više kvarca, bogatija je zlatom. Da zlato idë sa galenitom ili sfaleritom bilo bi svakako otkriveno prilikom novih mikro-

skopskih ispitivanja. M. Bagojević je zabeležio 1903. godine da su olovne rude iz Kučajne sa više pirita bile bogatije zlatom. Savremena analiza galenita sa 78% olova pokazala je samo 1,3 g/t zlata.

Cinkove rude. — Poznate su veoma oskudno. Osnovna ruda je sfalerit raznih boja, od crne do svetložute. Na kučajnskom rudištu otkopavane su dve vrste cinkovih ruda. Oksidna ruda, zvana galmaj, topljena je u Kučajni, sem u doba engleskog rada. Društvo Brajt je nešto cinkovih ruda izvezlo u Frajberg. Verovatno je među tim rudama bilo i nešto sfalerita, dobijenog na pralištu kad se koncentrisao galenit. Po Andreu oksidne cinkove rude javljaju se posebno. Saставljene su od smitsonita i kalamina. Oba minerala su dosta čisti i sadrže 50—55% Zn. M. Bajić je analizirao primerak čistog smitsonita, bubrežastog pojavljivanja i u njemu našao:

Nerastvornog	0,60%
Oksida gvožđa FeO_2	0,25%
Oksida cinka ZnO	62,16%
Oksida kalcijuma CaO	1,98%
Ugljen dioksida CO_2	34,60%
	99,50%

Na izdancima rudnih tela nalazio se je i sulfat cinka mineral goslarit.

U pogledu plemenitih metala ove su rude siromašne. Galmaj je imao 1—10 g/t zlata. Ovi rezultati nisu kasnije proveravani. Srebra mogu imati i do 200 grama na tonu. S obzirom da se galmaj javlja u oksidacionoj zoni, količina plemenitih metala veoma je kolebljiva.

Od ostalih ruda pominjemo posebno pirit. Njega nema mnogo. Javlja se u društvu sa galenitom i sfaleritom ili u posebnim nakupinama, poglavito u brečama. *Realgar* se javlja ili u jedrim masama ili navlakama *Arsenopirit* je redak.

Prema literaturnim podacima mineralogiju kučajnskog rudišta čini 20 primarnih, 11 sekundarnih i 3 nerudna (gang) minerala. Polovina primarnih minerala je sa antimonom, što svedoči o mladom orudnjenu. No ovo što je nabrojano neće biti svi minerali kučajnskog rudišta. Novijim ispitivanjima, kada je otkriven najveći broj primarnih minerala, nisu podvrgnute kučajnske rude u rudištu, jer ono nije otvoreno. Ispitivani su primerci

iz zbirki i sa kučajnskih kopina. Do sada su sa kučajnskog rudišta pomenuti u literaturi ovi minerali:

Primarni minerali	Sekundarni minerali	Pratioci (nerudni minerali)
galenit	ceruzit	kalcit
sfalerit	smitsonit	kvarc
pirit	kalamin	dolomit
halkopirit	goslarit	
arsenopirit	piromorfit	
realgar	limonit	
antimonit	azurit	
tetraedrit	malahit	
tenantit	halkozin	
pirotin	kovelin	
bertierit	bornit	
halkostibit	piroluzit	
burnonit		
bulanžerit		
džemsonit		
samorodno srebro		
argentit		
diskrazit		
pirargirit		
polibazit		
molibdenit		

Zaključak

Iz dosadašnjih izlaganja moglo bi se štošta izvući i za budućnost kučajnskog rudišta. Ono je još i sada neaktivno, jedino od poznatijih rudišta na teritoriji Srbije. Rezultati pedesetogodišnjeg rada nisu ohrabrujući. Sa velikim troškovima izvađene su male količine ruda. To dolazi u prvom redu zbog načina pojavljivanja ruda (mala rudna tela) i velike vodonosnosti terena. Osim toga, vlasnici Kučajne nisu nikada imali dovoljno kapitala, da bi se istražilo rudište na nižim horizontima. Za rudom se sišlo, sa nivoa potkopa „Nikole”, kojih 80 m naniže, ali to je nedovoljna dubina, da bi se nepovoljno mogla oceniti vrednost orudnjenja. Rudna tela ovakvog tipa mogu silaziti u dubinu i koju stotinu metara. A mogu i zadebljati. U tom pogledu još je sve neizvesno. Ima još jedna činjenica. Kučajnske rude su plemenitije od svih ostalih u zemlji. Kučajna je, bar prema onome što je rađeno u prošlom veku, rudnik plemenitih metala, jedini ove vrste kod nas. Danas ili sutra moraće biti odobrena sredstva za temeljno istraživanje rudišta. To se uostalom nameće iz istorije njegovog rudarstva.

Literatura

- Abel J., 1851: Über den Bergbaubetrieb in Serbien. — Jahrbuch d. geol. Bundesanstalt in Wien.
- Anđree Th., 1880: Die Umgebung von Maidan Kučajna in Serbien.. — Eine geologisch-montanistische Studie. Ibid.
- Antula D., 1900: Olovne rude i karakteristika važnijih olovnih rudišta u Srbiji. — Zap SGD. zbor 73.
- Antula D., 1900: Pregled rudišta u Kraljevini Srbiji za parisku izložbu.
- Antula D., 1905: O kučajnskim rудnicima, beleške s jedne ekspedicije 1899. godine. — Rudarski glasnik III.
- Blagojević M., 1903: Pojava zlata u Srbiji. — Geološki anali balk. poluostrva knj. VI.
- Bajić M., 1903: Hemijska laboratorija Velike škole. Hemijske analize. Ruda iz Kučajne. — Geološki anali balk. pol. knj. VI.
- Borchgrave E., 1883: La Serbie, administrative, économique et commercielle. — Bruxelles et Belgrade.
- Branković D., 1848: Izveštaj o nalazištima olovnih ruda oko Melnice i Kučajne. — Drž. arhiv SR Srbije. Min. fin. P. 1848, f. 10, 10.
- Brajthaup A., 1857: Alter Silber-und Bleibergbau zu Petrovac und an anderen Orten in Serbien. — Berg-und Hüttenmän. Zeitung. Freiberg.
- Braun Karl Wiesbaden 1876: Eine türkische Reise. — Vol. I, Stuttgart.
- Vujić J., 1828: Putovanje po Srbiji. — Srpske novine knj. zadruga knj. 66.
- Gopčević S., 1888: Serbien und die Serben. — Leipzig.
- Gudović J., 1874: Izveštaj rudarskog odeljenja po struci rudarskoj. — Srpske novine 1874, br. 273—278.
- Gudović J., 1882: Rudarstvo u Srbiji u prošlosti, sadašnjosti i budućnosti. Napisao po J. O. Merhu 1876. god. — Glasnik min. finansija I, 1882. god. str. 267—269 i 284 do 286. Srpske novine 1882. br. 241—243.
- Dorđević V., 1874: Putničke crte Vladana Dorđevića. — Knj. treća. Carigrad i Bukurešt. Beograd.
- Dorđević T., 1932: Srebrni car. — Glasnik etnografskog muzeja VII. Beograd.
- Zujović J., 1893: Geologija Srbije deo I. — Beograd.
- Janković S. i R. 1955: Zlatonosna ruda Kučajne. — Zbornik radova geološkog i rudarskog fakulteta sv. III. Beograd.
- Jireček K., 1879: Die Handelsstrassen und Bergwerke von Serbien und Bosnien während des Mittelalters. — Prag.
- Jireček — Radonjić, 1952: Istorija Srbija.

- Jovanović D., 1907: Serbie orientale. Or et cuivre. — Paris.
- Jovanović K., 1897: Molibdenit iz Kučajne. — Zap. SGD. zbor. 46. Nastavnik knj. VII.
- Kanitz F., 1868: Serbien, historisch-ethnographische Reisestudien aus den Jahren 1859—1868. — Leipzig.
- Kanitz F., 1909: Das Königreich Serbien und das Serbenvolk von der Römerzeit bis zur Gegenwart. Land und Bevölkerung. — Leipzig.
- Karić V., 1887: Srbija. Opis zemlje, naroda, države. — Beograd.
- Karić V., 1887: Rudarstvo u Srbiji. — Otadžbina, knj. 17.
- Cotta B., 1864: Erzlagerstätten im Banat und in Serbien. — Wien.
- Cotta B., 1865: Über Eruptivgesteine und Erzlagerstätten im Banat und in Serbien. — Berg- und Hüttenmännische Zeitung in Freiberg.
- Cotta B., 1878: Fortsetzung der Banater Erzlagerstättenzone nach Serbien. — Berg- und Hüttenmännische Zeitung in Freiberg.
- Marić M., 1867: Naši rudnici, — Srbija, dnevni list za 1867. god. br. 30—41.
- Millet R., 1889: La Serbie économique et commercielle. — Paris.
- Milićević M. Đ., 1865/66: Putnička pisma. — Vila 1865/66.
- Milićević M. Đ., 1876: Kneževina Srbija. — Beograd.
- Milojković J., 1892: Pregled rudnika u kraljevini Srbiji za 1891. god. — Godišnjak rud. odeljenja I.
- Milutinović D., 1877: Industrija i njeni činioци u Srbiji. — Novi Sad.
- Mišković J., 1874: Putovanje po Srbiji 1861. do 1863. godine. — Srpske novine za 1874. godinu.
- Petković V. R., 1950: Pregled crkvenih spomenika kroz govesnicu srpskog naroda. — SAN i U. Posebna izdanja knj. CLVII. Odelj. društva nauka N. S. knj. 4.
- Pirh O., 1890: Putovanje po Srbiji u godini 1829. — Beograd.
- Popović K., 1863: Put licejskih pitomaca. — Beograd.
- Radočanović S., 1925: Klasifikacija rudnika u istočnoj Srbiji. — Zap. SGD. zbor. 20 Geol. anali VIII, deo I.
- Ristić M., 1949: Mikroskopsko ispitivanje olovno-cinkanih ruda Kučajne. — Glasnik prirod. muzeja Srpske zemlje u Beogradu. Ser. A. knj. 2.
- Simić V., 1951: Istoriski razvoj našega rudarstva. — Beograd.
- Simić V., 1960: Iz skorašnje prošlosti rudarstva u Srbiji. — Beograd.
- Simić V., 1959: Dva stara izveštaja o Kučajni. — Vesnik zavoda za geol. i geof. istraživanja knj. 17. Beograd.
- Simić V., 1962: Dolazak Feliksa Hofmanna u Srbiju. — Rudarski glasnik, Beograd.
- Simić V., 1964: Stevan Đuričić i Mihailo Rašković u rudarstvu Srbije. — Rudarski glasnik, Beograd.
- Stojanović Lj., 1902: Zapis i napis. — Knj. I.
- Urošević S., 1928: Mineralogija.
- Filipović M., 1933: Srebrni car. — Glasnik etnografskog muzeja u Beogradu. knj. VIII.
- Herder S. A. W., 1846: Bergmännische Reise in Serbien etc.
- Hofman F., 1892: Izveštaj o rudarskim istraživanjima po požarevačkom i od česti krajinskom okrugu. — God. rud. odelj. I.
- Ugovor o iznajmljivanju Kučajne Feliksu Hofmanu. — Srpske novine 1862. br. 142.
- Protokoli narodne skupštine u Beogradu za 1864. godinu.
- Državopis Srbije 1860—1894.
- Dopis iz Kučajne. — Srpske novine za 1865. god.
- Razna akta i pisma iz Državnog arhiva SR Srbije u Beogradu.
- Pisma Hofmanove kćeri. — Privatna prepiska.



Kongresi i stručna putovanja

Svetska konferencija za energiju — Lozana, 1964. godine.

Konferencija je održana u Lozani od 13—17. septembra 1964. godine.

Dnevni redom ovog posebnog zasedanja bila je predviđena kao osnovna tema „Borba protiv gubitaka energije“.

Konferencija je radila u 4 grupe koje su bile podeljene u podgrupe i to:

Grupa I: Opšti aspekti

Podgrupa A. Obim i granice smanjenja gubitaka;

Podgrupa B. Gubici nastali u postrojenjima za pretvaranje energije.

Grupa II: Smanjenje gubitaka koji nastaju prilikom pretvaranja energije:

Podgrupa A. Hidroelektrane; B. Termoelektrane; C. Nuklearne elektrane; D. Redukcija energetskih gubitaka kod konverzije goriva; E. Energetski randsman u instalacijama za direktnu transformaciju energije.

Grupa III: Smanjenje gubitaka u transportu i prenosu energije.

Grupa IV: Smanjenje gubitaka koji nastaju prilikom korišćenja energije.

Podgrupa A. Industrija;

Podgrupa B. Zagrevanje prostorija, postrojenja za klimatizaciju i priprema tople vode.

Prvog radnog dana saopšteni su generalni izveštaji br. 1 i 2.

U generalnom izveštaju br. 1 dati su opšti zaključci problematike grejanja, klimatizacije i pripreme tople vode. H. Reicher je razmatrao ovu problematiku sa aspekta naučne problematike projektovanja, građenja i eksplatacije, a H. R. Suter sa stanovišta arhitekture.

U generalnom izveštaju br. 2 Pierre Ailleret tretira je perspektivu integracije na ekonomskim osnovama nuklearnih centrala sa TE i HE. U izveštaju su dati pogledi za zajedničku eksplataciju postrojenja i distribuciju električne energije.

14. septembra posle podne održani su prvi sastanci tehničkog dela konferencije. Sastanci su obuhvatili podgrupe I C i IV B.

U okviru sekcije II C razmatrano je 12 referata od kojih je veći broj zastupao mišljenje da je izbor tipa reaktora najvažniji za energetski randsman.

Sekcija IV B razmatrala je referate 12 autora i u diskusiji su obuhvaćeni sledeći problemi:

- dokle treba da se ide u izolaciji konstrukcija;
- u modernim konstrukcijama prozori su najveći potrošači energije, borba za smanjenje ovih gubitaka;
- različiti sistemi grejanja;
- ukupna potrošnja energije za grejanje gradova u zavisnosti od snabdevanja preko jednog termičkog izvora (toplana) uzimajući u obzir geografski položaj, izbor energetskih nosilaca (ugalj, mazut, gas, elektro-energija) itd.;
- uticaj automatske regulacije na potrošnju energije i
- metode merenja za određivanje potrošnje toplove.

15. septembra na dnevnom redu su bile sekcije II B — termoelektrane i II A — hidroelektrane.

Sekcija II B — razmatrala je problem borbe protiv gubitaka energije u zavisnosti od tipa termičkih instalacija za proizvodnju energije i to:

- centralé sa parnim turbinama;
- centrale sa gasnim turbinama;
- centrale sa Diesel-motorima i
- instalacije za rekuperaciju toplove.

Problematika centrala sa parnim turbinama bila je razmatrana sa aspekta povećanja ukupne snage (5 referata), poboljšanja radnih procesa (5 referata), poboljšanja kroz adaptaciju (12 referata) i poboljšanja kroz automatizaciju (1 referat).

U referatima koji su tretirali problematiku centrala sa gasnim turbinama nije direktno razmatran problem smanjenja gubitaka, već su izlagane različite mogućnosti rekuperacije energetskih gubitaka (6 referata).

U diskusiji su bili razmatrani sledeći problemi:

- optimalne snage za centrale sa parnim turbinama;
- rentabilitet gasnih turbina u toplanama;
- centrale sa gasnim turbinama u velikim

instalacijama;

- uticaj automatičke na ekonomičnost pro-dukcijske energije itd.

16. septembra održani su sastanci sekcija IV A, I A, I B i III.

20 referata sekcije IV A razmatrali su problematiku energetske ekonomije u različitim sektorima industrije, a naročito onih grana, koje koriste tečno gorivo i elektro energiju. Referati su potvrdili da su najveći napori za energetsku ekonomiku uloženi u granama, koje su veliki potrošači energije i koje rade sa visokim temperaturama (elektrolizni procesi, željezare-naročito instalacije visokih peći, čeličane i valjanonice).

U referatima industrije crne metalurgije — željezare (7 referata) konstatovano je da su najveći progresi ostvareni kod sušenja primarnih materijala, u fabrikaciji vezivnih materijala, transportu gasa itd. Pozitivni pojedinačni rezultati su izneti i u korišćenju kiseonikom obogaćenog vazduha u visokim pećima i čistog kiseonika u fabriki čelika.

U referatima A1 — industrije, tvrdi se da je u ovoj industriji po 1 kp aluminijuma moguća ušteda od 3,5 kWh.

Današnji prosek potrošnje električne energije u industriji aluminijuma iznosi 20 kWh/kp sirovog Al. S druge strane, u pogonima savremenih peći za elektrolizu specifična potrošnja iznosi i manje od 14 kWh/kp.

U diskusiji ove sekcije — IV A — naročita pažnja je bila poklonjena:

- uticaju vazduha obogaćenog kiseonikom i uticaju istovremene upotrebe tečnog goriva i koksa u eksploataciji visokih peći;
- ekonomiji kotlova sa ugljenim prahom kroz optimiranje strukture plamena;
- realizaciji optimalnog isparavanja luga lignina i to direktno ili posle prethodnog tretiranja u fabrikaciji celuloze po sulfatnom ili bisulfitnom postupku;
- putu koji treba slediti za ekonomičnu fabrikaciju Portland-cementa i međusobnoj zavisnosti povećanja produkcije i problema prašine i
- uticaju kontrolnih merenja na poboljšanje ukupnog rentabiliteta elektrolize Al.

Sekcija IA. — u okviru ove sekcije tretirano je 14 referata. Saopšteni referati razmatrali su sledeće problematike:

- teorijske osnove-grupa A;
- opšte probleme-grupa B;
- statistiku i praksu-grupa C; i
- razno-grupa D.

Sekcija I B tretirala je problematiku gubitaka u zavisnosti od instalacija za pretvaranje energije u hidroelektranama.

Sekcija III — referati su problematiku ove sekcije razmatrali sa stanovišta:

1. gubitaka u transportu energije;

- transportovanje primarnih energetskih sirovina i tehnike određivanja gubitaka. Referati su specijalno tretirali probleme distribucije i gubitaka u transportovanju tečnog i gasovitog goriva;

— transformacije i distribucije elektro-energije;

- 2. gubici kod akumulacije energije i
- 3. značaja izbora lokacije stanica.

Poslednjeg dana sastanka Svetske konferencije za energetiku u Lozani na dnevnom redu su bile sekcije II (direktna konverzija energije) i II D (konverzija goriva), kao i generalni izveštaj br. 3.

Sekcija II E je razmatrala 5 referata.

Osnovna problematika sekcije Energetski randmani u instalacijama za direktnu konverziju energije bila je razmatrana kroz:

- generatore MHD. Problematica ovih generatora diskutovana je sa stanovišta termodinamike, tehnologije i ekonomije;

- termojonske generatore;
- gorive ćelije.

Predviđa se da će do 1975. godine biti instalirano u centralama MHD ukupno 500.000 kW, u termojonskim generatorima 1.000 kW i u termoelektričnim generatorima i hemijskim ćelijama 100 kW.

Sekcija II D je razmatrala probleme za smanjenje energetskih gubitaka kod transformacije goriva. Ova problematika je bila razmatrana za:

- petro-hemiju industriju i to od sopstvene proizvodnje i transportovanja do potrošača;
- rafinerije-energetski gubici;
- produciju gradskog gasa-tekući problemi i razvoj;
- korišćenje prirodnog gasa i energetska simbioza sa rafinerijama;
- gasifikaciju pod pritiskom i
- termičku potrošnju koksara.

Konferencijski su prisustvovali dipl. ing. Lj. Novaković i dipl. ing. M. Vesović iz Rudarskog instituta — Beograd i prof. dr ing. Đ. Veličković kao predstavnik Jugoslovenskog komiteta.

Dipl. ing. Lj. Novaković

Međunarodna konferencija po temi „Likvidacija otkopanih područja“ Ostrava—Radvanice, 1964. godine.

Naučno-istraživački institut za ugalj u Ostravi — Radvanice u zajednici sa Čehoslovačkim naučno-tehničkim savetom iz Praga organizovao je međunarodnu konferenciju po temi „Likvidacija otkopnih područja“.

Konferencija je održana od 3. do 6. novembra 1964. godine u Rožnov-u.

U okviru programa rada konferencije, pored izveštaja o referatima, bile su organizovane ekskurzije u 4 grupe sa sledećim programom:

Grupa A — kontinuirano zapunjavanje u rudniku „1. maj“.

Grupa B — zapunjavanje u gornjem pojasu bez postavljanja veštačkog patosa pri otkopavanju močnog sloja širokočelnom otkopnom me-

todom u dva pojasa na rudniku „Dukla”, gde se postiže proizvodnja sa jednog širokočelnog otkopa više od 100.000 t za 31 dan.

Grupa C — zapunjavanje u strnim slojevima na rudniku „Šverma”.

Grupa D — poseta Naučno-istraživačkom institutu za ugaj u Ostravi — Radvanice.

Konferenciji su, pored većeg broja predstavnika iz rudnika i naučno-istraživačkih i projektnih institucija iz ČSSR prisustvovali delegati iz Austrije, Belgije, Engleske, Francuske, Jugoslavije, Mađarske, Istočne Nemačke, Zapadne Nemačke i Poljske.

Tematička, koja je bila predmet konferencije, odnosi se na najnovija dostignuća pri eksploraciji slojeva uglja sa primenom zasipavanja otkopnog prostora. U vezi ove tehnologije otkopavanja tretirani su sledeći glavni problemi:

— tehnologija otkopavanja (otkopna metoda sa zasipavanjem otkopnog prostora i njihovo upoređenje sa metodama otkopavanja sa završavanjem krovine);

— tehnologija zapunjavanja otkopanog prostora (primena hidrauličnog i pneumatskog zasipavanja);

— uticaj otkopavanja sa zapunjavanjem otkopnih prostora na sleganje terena (jamska i površinska opažanja);

— mogućnosti otkopavanja sigurnosnih stubova pri primeni metode otkopavanja sa zapunjavanjem otkopanog prostora;

— primena mašina i naprava za zapunjavanje (pneumatsko mašine koje rade sa niskim, normalnim i visokim pritiskom);

— tehnologija dobijanja zasipnog materijala na površini i u jami, mašinsko dobijanje jalovine sa pripremnih radova, koja se koristi kao zasipni materijal;

— priprema materijala za zapunjavanje sa osrvtom na posebne uslove otkopavanja (dodavanje posebnih dodataka zasipnom materijalu kao npr. elektrofilterskog pepela, jamske jalovine, separacijske jalovine, vode itd., a sve u cilju postizanja da zasipni materijal ima određenu sposobnost vezanja i čvrstoću). Kao karakterističan primer obradena je priprema jalovine na rudniku „Dukla”.

U nizu referata date su teoretske osnove za proračune osnovnih parametara zapunjavanja otkopanog prostora i novija dostignuća u tehnologiji dobijanja, pripreme i transporta zasipa sa opisom primjenjenih mašina.

Ukupno je bilo 29 referata i to: 13 iz ČSSR, 1 iz Austrije, 1 iz Bugarske, 1 iz Belgije, 3 iz Engleske, 2 iz Francuske, 1 iz Istočne Nemačke, 3 iz Zapadne Nemačke, 2 iz Poljske i 2 iz SSSR.

A. Riman: „O problematici likvidiranja otkopanih prostorija”.

L. Šiška, J. Kolar, O. Duži: „Uticaj različitih načina likvidiranja otkopanih područja u vezi pritiska”.

J. Chleoun: „Transport pepela iz elektrotrana na površini i u jami”.

L. Pardyl: „Probe zasipavanja u sloju Natalia ispod 7. sprata na pogonu Šalomon”.

V. Jurečka: „Mehanički uređaji i sredstva za kameni zasip”.

J. Banski: „Usitnjavanje jalovine u OKR”.

E. Karpetta: „Iskustva pri vertikalnom transportu materijala za zasip u rudniku „ČS armada”.

V. Nežil: „Perspektive razvoja pneumatskih strojeva”.

O. Tinka: „Stanje i razvoj zasipa u OKR”.

B. Žilavy, J. Jedlička: „Dobivanje pod velikim kompleksom zgrada primenom zasipa”.

K. Meset: „Uticaj zapunjениh otkopanih prostora na sleganje krovine ležišta”.

Kral: „Problematika ostavljanja kamena u jami za zasipavanje”.

V. Sibek: „Pritisici i deformacioni procesi u masivu oko otkopanih prostora načelu otkopa”.

F. Locker, W. Perz, Trimmelkan: „Ispitivanja otkopanih prostora geodetskim mernjima na površini”.

D. P. Ivanov: „Ispitivanje karaktera i pojavе jamskog pritiska i sleganje površine pri otkopavanju tankih i srednje moćnih slojeva pri zarušavanju krovine i zapunjavanju u Balkanskom ugljenom basenu”.

H. Duyse: „Primena mašina za napredovanje hodnika u jalovini tipa Joy”.

C. D. Longmire, A. M. J. Maché: „Najnoviji razvoj opreme za pneumatsko zasipavanje”.

J. H. Whitekar: „Pneumatsko zasipavanje sa specijalnim osrvtom na upotrebu mašina, koje rade sa niskim pritiskom”.

R. J. Orchard: „Sleganje površine kao rezultat otkopavanja sa zarušavanjem ili potpunim zapunjavanjem”.

J. Bille, G. Ellie: „Hidraulično zapunjavanje u basenu Lorraine”.

H. David: „Pneumatsko zasipavanje u rudnicima uglja revira Blanzy”.

D. E. Hueck: „Mehanizovana hidraulična podgradnja širokim čelima pri hidrauličnom zapunjavanju”.

H. Kundel: „Mogućnosti i problemi pri otkopavanju tankih slojeva u Saveznoj Republici Nemačkoj sa naročitim osrvtom na metodu zapunjavanja”.

H. Ernst: „Stanje i smernice razvoja zapunjavanja u rudnicima kamenog uglja u Saveznoj Republici Nemačkoj”.

Frei: „Iskustva sa dvokolicom tipa VB 30 kombinovanom sa strojem za zasipavanje firme Beien”.

M. Borecki, E. Romanowicz: „Rezultati otkopavanja sigurnosnih stubova u poljskim rudnicima uglja”.

R. Adamek, A. Bilinski, J. Kulpiński: „Primena hidrauličnog zasipavanja peskom i drobljenim materijalom sa posebnim osrvtom na uslove eksploracije kod širokočelne otkopne metode”.

A. E. Smoldrev: „Metode zasipavanja, načini transporta zasipa i mašine za zasipavanje”.

V. V. Dobrovolskij: „Tehnologija rada zapunjavanja u rudnicima uglja”.

Referati i diskusija na konferenciji daju sliku o sadašnjem stanju i tendencijama razvoja eksploatacije uglja sa primenom zapunjavanja otkopanog prostora u svetu.

Celokupan materijal Međunarodne konferencije poseduje biblioteka Rudarskog instituta u Beogradu.

Dipl. ing. R. Ahčan — dipl. ing. B. Đukić

6. međunarodni sastanak Internacionalnog biroa za mehaniku stena, Lajpcig, 1964. god.

Redovni međunarodni sastanak Internacionalnog biroa za mehaniku stena (pri Odeljenju za rudarstvo, metalurgiju i rudarsku geologiju Nemačke akademije nauka u Berlinu) održan je i ove godine u Lajpcigu, od 3—7. novembra, sa uobičajenim dnevnim redom: otvaranje sastanka sa uvodnim predavanjem rukovodioca Biroa, akademika prof. dr ing. G. Bilkenrotha; izlaganje prijavljenih referata i saopštenja u okviru tekuće okvirne teme; izveštaji rukovodilaca 4 radne grupe Biroa; i predlog plana rada Biroa u narednoj 1965. godini.

U okviru ovogodišnje teme Internacionalnog biroa za mehaniku stena „Vremenski faktor u mehanici stena” podneti su sledeći referati:

Dr Dreyer, W. — Klaustal: „Konvergencija i izdržljivost bušotina u sonom masivu”,

Dr ing. Höfer, K. H. i Menzel, W. — Lajpcig: „Reološki modeli i „in situ” merenja u solnom masivu”.

Dr ing. Döring, T., Heinrich, F. i Pforr, H. — Frajberg: „Po pitanju deformacija i čvrstoće izotropnih i homogenih stena neelastičnim deformacionim osobinama”.

Prof. Mencl, V., Travniček, I., Fousek, J., Kandela, O. — Brno: „Ogledi u pogledu relaksacije na stenskim masama”.

Prof. Salustowicz, A. — Krakov: „Delovanje podzemnog pritiska na podgradu hodnika kao funkcija vremena”.

Dr Dimov, I. V. — Sofija: „Metode za određivanje neelastično-viskoznih područja oko izolovanih horizontalnih rudničkih prostorija i pritisak na podgradu”.

Prof. Chambon, C. — Nansi: „Uticaj geometrijskih faktora i brzine izrade na konvergenciju u otkopima širokog čela sa zarušavanjem”.

Prof. Rabcewicz, L. — Salzburg: „Značaj vremenskog faktora u savremenoj tunelogradnji”.

Prof. Kuznecov, G. N. — Lenjingrad: „O zadacima eksperimentalnih ispitivanja reoloških osobina stena i nekih rezultata ispitivanja u VNIMI”.

Dr Reeper, F. J. M., Brink, G. P. — Hoensbroek—Treebek: „Povećanje opterećenja i konvergencije tokom vremena na podgradu utočarne komore i drugih prostorija usled pripremnih radova”.

Prof. Meisser, O. — Frajberg: „Prilozi geofizičkoj tenučnosti merenja”.

Prof. Wu-Lei-Pu — Peking: „Neelastične deformacije stena pri dugotrajnim naprezanjima”.

Od saopštenja podneta su sledeća:

Ortlepp, W. D. — Johannesburg: „Izračunavanja naprezanja u pločastoj stenskoj masi oko podzemne rudničke prostorije modelskom metodom analogije”.

Prof. Kobliška, M. A. — Beograd: „Određivanje žilavosti stena i mineralnih sirovina metodom sličnog udara”.

Prof. Kvačil, R. — Košice: „Noviji rezultati ispitivanja stena u pogledu tečenja”.

Pošle diskusije podnetih referata pristupljeno je drugom delu ovog sastanka, u kome je dr. ing. Höfer, naučni sekretar Biroa, podneo referat o radu 4. radne grupe Biroa u protekloj godini i predlog plana rada Biroa za 1965. godinu.

I radna grupa za terminologiju u oblasti mehanike stena (rukovodilac prof. Mohr, Esen) saopštava da je završen projekt „Leksikona mehanike stena” nemačke jezične grupe. Ovaj projekt zajedno sa već ranije izrađenim ruskim projektom leksikona stavlja se na korišćenje francuskoj i engleskoj jezičnoj grupi, koje još rade na svojim projektima. Sednica ove radne grupe održana je u Berlinu.

II radna grupa za tehniku uredaja za podzemna merenja (zamenik rukovodioca prof. Knote, Krakov) obradila je primljene podatke o 39 mernih instrumenata za izradu „Kataloga mernih instrumenata”. Sednica ove radne grupe održana je u Krakovu.

III radna grupa za proučavanje čvrstoće stena (rukovodilac prof. Kvačil, Košice) pripremila je uputstva za ispitivanje čvrstoće stena na savijanje u rudarstvu i proučavala je mogućnost primene „pružnog čekića” za terenska ispitivanja. Sednica ove radne grupe održana je u Sofiji.

IV radna grupa za analitičku mehaniku stena (rukovodilac prof. Avršin, Lenjingrad), kao novoosnovana, izradila je program, prema kome će obraditi određivanje naprezanja i deformacija oko rudničkih prostorija kružnog preseka s obzirom na vremenski faktor, primenu metode statističke matematike u mehanici stena i pripremu zbornika analitičkih radova iz mehanike stena. Sednica ove radne grupe održana je u Berlinu.

Na kraju je izložen i usvojen plan rada Internacionalnog biroa za mehaniku stena u narednoj 1965. godini:

I radna grupa produžiće rad na izradi Leksikona mehanike stena, naročito na osnovu nemačkog i već ranije završenog ruskog projekta. Za održavanje naredne sednice ove radne grupe predviđa se Beograd, 18—22. maj, 1965. godine.

II radna grupa upotpuniće materijal iz pojedinih zemalja o instrumentima, koji se u ovim zemljama koriste za merenje podzemnog pritiska, radi izdavanja kataloga mernih instrumenata. Sednica ove radne grupe održaće se u Katovicama, 10—13. februara 1965. godine.

III radna grupa obradivaće problematiku uticaja vlage na čvrstoću stena i proučiće klasifikaciju stena, koju je predložio Coates (Kanada). Sednica ove radne grupe održaće se u Kiruni, Švedska, 20—25. juna 1965. godine.

IV radna grupa, shodno svome programu, obradiće prvenstveno izračunavanje napona, deformacija i opterećenja podgrade podzemnih prostorija kružnog poprečnog preseka s obzirom na vremenski faktor. Za održavanje sednice ove radne grupe predviđena je Budimpešta, 1—4. septembar 1965. godine.

Internacionalni biro će, kao i do sada, obaveštavati svoje saradnike o novim publikacijama iz mehanike stena i predstojećim sastancima, savetovanjima itd. iz mehanike stena i srodnih oblasti. Pored toga, Biro će izdati „Rečnik iz oblasti podzemnog pritiska” na više jezika i „Izveštaj o 6. međunarodnom sastanku u Lajpcigu” u toku 1965. godine.

Sledeći 7. međunarodni sastanak Internacionallnog biroa za mehaniku stena održaće se od 7—10. novembra 1965. godine u Lajpcigu sa okvirnom temom „Mehanizam podzemnog udara — sinteza i iskustva iz svetskih revira izloženih podzemnim udarima”.

Na 6. međunarodnom sastanku Biroa za mehaniku stena učestvovao je 40 saradnika iz 16 zemalja; od dva jugoslovenska saradnika (prof. A. Gogala, Ljubljana i prof. M. A. Kobiška, Beograd) na ovome sastanku učestvovao je samo prof. Kobiška koji je i član I radne grupe Biroa.

Na kraju ovog vrlo uspeleg internacionalnog sastanka izvedena je interesantna ekskurzija u novoootvoreni stari saski rudnik kalaja u Altenbergu.

Prof. ing. M. Antunović — Kobiška

Jugoslovensko savetovanje o otpadnim voda-m i zaštiti voda od zagadivanja, Beograd, 1964. godine.

Odbor za kondicioniranje i zaštitu voda pri Udrženju za održavanje mašina, Beograd, organizovao je Jugoslovensko savetovanje o otpadnim vodama i zaštiti voda od zagadivanja u vremenu od 7—11. decembra 1964. godine.

Na savetovanju je održano 30 referata, koji su prema sadržaju podeljeni u pet grupa.

Prva grupa referata (1) obradila je probleme zaštite voda od zagadivanja.

Autori ovog referata su istakli da se na teritoriji SFR Jugoslavije naglim razvojem organizovanih naselja i porastom industrijske proizvodnje svakim danom javljaju sve veći zah-

tevi za vodom odgovarajućeg kvaliteta. Samo u Republici Srbiji narastaju potrebe za vodom u periodu 1961—1971. god. od 7,9 na 9,9 m³/sec za naselja i od 11 na 20,4 m³/sec za industriju. Voda, upotrebljena u gornje svrhe, se vraća u odvodnike sa izmenjenim fizičkim, hemijskim, biološkim i drugim osobinama. Direktno puštanje vode ovakvog kvaliteta u odvodnike obično je vrlo štetno i opasno. Kako je svakim danom sve veći porast količina otpadnih voda i kako ova pojava predstavlja složen problem, autori su istakli, u cilju rešenja istog, potrebu za obradivanje jedinstvene vodoprivredne osnove Jugoslavije i ukazali na planski, dugotrajan i sistematski rad naučnih i stručnih institucija, sposobnih za rešavanje ove problematike, kao i na nužno ulaganje značnih finansijskih sredstava celokupne zajednice.

Druga grupa referata (8) tretirala je postojeće stanje vodotoka i prognozu budućeg stanja po Republikama.

Ova grupa referata je konstatovala da su upotrebljene vode zagađene i štetne, te da se ne smeju odvoditi u vodotok bez čišćenja. Stepen i vrstu čišćenja treba utvrditi prema zahtevu kvalitete otpadne vode i svojstva vodotoka. U vodotok se ne smeju slati tvrde i tekuće materije kao: šljaka, dubre, sitan ugalj, piljevinu, ulja, hemikalije itd. Izvorske i podzemne vode treba zaštititi od zagađenja uljem, naftom i benzinom na taj način, što se u ovim područjima ne bi postavljali rezervoari ili cevovodi. U ovim područjima ne treba, takođe, graditi nove ponornice za industrijske vode. Potrebno je graditi vodotesne kanalizacije. Naročito je istaknuta potreba za građenjem akumulacije vode kako bi se u toku suše niski vodostaj mogao povećati.

Treća grupa referata (7) svrstana je pod naslov „Načelna razmatranja kod rešavanja zaštite vode od zagađivanja”.

U izlaganjima autora referata se konstatiuje da ne posedujemo kadar stručnjaka niti institucije koji bi bili u stanju da kompleksno rešavaju problem otpadnih voda, odnosno sagledaju kompleksno rešavanje čišćenja otpadnih voda kao i kompleksno projektovanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda naselja i industrije. Do sada projektovana i izgrađena postrojenja ne postižu rezultate u pogledu efikasnog prečišćavanja otpadnih voda. Razlog ovome treba tražiti i u neizvršenim ili informativno izvršenim prethodnim studijama zagađenih voda kao i loše odabranim uređajima ili nekompletno sagrađenim postrojenjima, jer su za ista bila potrebna visoka investiciona ulaganja. Svi referati su ukazali na preduzimanje određenih mera u cilju sprečavanja daljeg zagađivanja vodnih tokova.

Cetvrta grupa referata (8) obuhvatila je „Načelna razmatranja i posebne probleme zaštite voda od zagađivanja”.

Autori ove grupe referata saopštili su stepen zagađenosti ispitivanih vodotokova, uključujući i podzemne vode u hemijskom, fizičkom i bakteriološkom pogledu u prirodnim i veštačkim uslovima zagađivanja i izložili odabrane tehnološke postupke za prečišćavanje ovih voda

i izgradene projekte, kao i opisali pojedine specijalne uređaje. Pored toga, referati su obuhvatili i rad već izgrađenih postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda, iskustva sa ovima, organizaciju stručnog održavanja, kao i efikasnost ovakvih pogona.

Peta grupa referata (6) obuhvatila je „Posebne probleme, mere, predloge zakonskih propisa i zaključke“.

U ovoj grupi referata tretirana je problematika radioaktivne kontaminacije i dekontaminacije voda, pomoću konvencionalnog prečišćavanja, omekšavanjem vode sa krećom i sodom, modificiranim tehničkim prečišćavanjem i uklanjanjem mešanih radionuklida uz istraživanja na modelima. Prikazana je i jedna racionalna šema instalacije za prečišćavanje radioaktivnih otpadnih voda data na bazi literaturnih podataka i već poznatih postupaka.

Problem zagadivanja turističkog priobalnog pojasa Jadranskog mora je postavljen kao vrlo akutan. Istaknut je štetan uticaj otpadnih voda na razvoj ribarstva. Obradeni su savremeni principi klasifikacije voda.

Nakon izloženih referata i iscrpne diskusije po tretiranoj problematici doneti su sledeći zaključci:

— Voda predstavlja jedan od osnovnih uslova opstanka i razvoja uopšte. Polazeći od toga voda je dragoceno nacionalno bogatstvo pa se kao takva mora tretirati ne samo u nacionalnom nego i međunarodnom planu. Voda je privredno bogatstvo cele naše zajednice i kao takva treba da uđe u opšti plan privrednog razvoja zemlje, kao što je slučaj i sa ostalim prirodnim bogatstvima.

— Voda dobija naročitu vrednost s obzirom na sve veću i raznovrsniju primenu i eksploataciju i sve intenzivnije zagadivanje vodnih rezervi otpadnim vodama, što je posledica brzog razvoja privrede, naselja itd. bez adekvatnih zaštitnih mera i kontrole korišćenja.

— Prema tome, nameće se imperativna potreba za vodenjem jedinstvene politike u pogledu istraživanja, eksploatacije, zaštite i drugih aktivnosti u oblasti površinskih i podzemnih voda kao i priobalnih mora.

— Jedinstvena politika u oblasti voda zahteva posebno telo pri SIV-u. Predlaže se organizatoru savetovanja i Saveznoj privrednoj komorji da razmotre mogućnost osnivanja jednog koordinacionog tela od strane svih zainteresovanih institucija.

— Uporedo sa osnivanjem ovakvih tela nameće se i potreba za donošenjem zakonskih propisa i mera koji će prema realnim uslovima privrednog i društvenog razvoja omogućavati istraživanje, eksploataciju i zaštitu voda kao opšte društvenog dobra.

— Jedinstvena politika i odgovarajuća organizacija će onemogućiti dosadašnju praksu — jednostranog posmatranja problema i usloviće sagledavanje problema kompleksno i unapred za dugi niz godina.

— Plansko i dugoročno rešavanje problema voda zahteva angažovanje potrebnih finansijskih sredstava, odgoj stručnih kadrova i razvoj naučno-istraživačkog rada, koji će omogućiti najsavremenija rešenja.

Odgoj kadrova pored stručnog školovanja treba proširiti i na vaspitanje širokih masa u osnovama narodne sanitarnе tehnike.

— Kod izbora lokacija naselja i industrijskih objekata treba voditi računa o sposobnosti samoprečišćavanja prirodnog recipijenta. Lokacije treba давати samo u slučajevima kada recipijent može posle veštačkog prečišćavanja da razgradi zagadenja do potrebnog stepena koja mu donosi effluent.

— Nužno je ostvariti punu međurepubličku saradnju u pogledu korišćenja slivova i rezervi površinskih i podzemnih voda čitave zemlje. Ova saradnja može da doprinese postizanju najboljih rešenja u pogledu raspodele vode na korisnike i da realizuje najbolji način dispozicije otpadnih voda.

— Potrebno je što pre doneti zakonske propise koji bi regulisali upuštanje otpadnih voda i bilo kakvih materija u površinske vode, podzemne vode i priobalno more.

U tu svrhu treba izraditi klasifikaciju voda prema nameni i dati potrebne standarde za čistoću vode shodno ovoj klasifikaciji, kako bi se izbeglo nedopustivo zagadivanje.

— Svima radnim organizacijama treba onogućiti podizanje postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda davanjem finansijskih sredstava pod najpovoljnijim uslovima.

— Takođe treba obezbediti finansijska sredstva za ostvarenje urbanističkih programa koji se odnose na rešenja otpadnih voda.

— Zabraniti puštanje otpadne vode iz industrije i poljoprivrednih gazzinstava u vodotokove bez prethodnog čišćenja.

U svrhu izgradnje uređaja za prečišćavanje otpadnih voda predlaže se sledeće:

a. voditi računa da projekti za izgradnju postrojenja za čišćenje otpadnih voda sadrže dobra tehnološka rešenja i da odabrani postupci daju najmanja zagadenja odnosno maksimalna iskorišćenja korisnih sastojaka iz otpadnih voda;

b. predloženi tehnološki procesi treba da obuhvate kontinualno otpuštanje otpadnih voda a ne akumulacije sa povremenim ispuštanjem, i da primenjuju recirkulaciju vode gde god je to moguće u industrijskim procesima i slično.

— Zakonski propisi treba da regulišu prava i dužnosti projektanata, investitora i izvođača.

Potrebno je takođe izraditi jedinstvene kriterije za osmatranje režima izdanskih voda i izvora kao što se to čini za površinske vode.

— Dopunuti postojeće propise kojima su regulisani uslovi određivanja sanitarnih zona zaštite izvorišta javnog vodovoda tako da se pri ovome određivanju uzimaju u obzir hidrogeološki i drugi uslovi terena. Na području krša, gde se ne mogu odrediti zaštitne zone, treba zabraniti ispuštanje otpadnih voda, bez prethodnog prečišćavanja.

— Organizacija redovnog stručnog nadzora nad održavanjem postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda mora biti u sadašnjim uslovima u nadležnosti postojećih službi koje raspolažu stručnim kadrovima i opremom.

— Neophodno je pojačati i koordinirati stručni rad i naučni rad kako na kontinuiranom osmatranju postojećeg stanja voda na istraživanjima oko eksploatacije i zaštite voda sa aspektom svih zainteresovanih struka tako i na naučnom proučavanju metoda ozdravljenja prirodnih recipijenata i prečišćavanja otpadnih voda.

— Potrebno je utvrditi toksikološke osobine svih ingredijenata kojima se zagađuju naše vode.

Takođe je potrebno utvrditi prikladnu metodu radiološke dekontaminacije u našim uslovima i sa našim raspoloživim materijalom. To povlači za sobom neophodnost donošenja normativa za MDK s obzirom na zagadivanje prirodnih prijemnika, a u vezi sa propisima klasifikacije vodotoka prema nameni.

— Iz referata kao i diskusija vođenih na Savetovanju jasno proizlazi da su naši vodotoci u znatnoj meri hemijski i bakteriološki zagađeni. Potrebno je da se odmah pristupi sistematskom ispitivanju i kontroli postojećeg stanja na onim vodotocima gde to do sada nije učinjeno kao i sistematskoj kontroli svih važnijih vodotoka.

Sledeći korak u tome pravcu treba da bude izrada standarda na osnovu kojeg će se utvrditi bilans slobodnog kiseoinika u prirodnom odvodniku kao i intenzitet bakteriološkog zagađivanja.

— Preporučuje se projektnim organizacijama da se u svrhu izrade projekata proveri efikasnost predloženih postupaka prečišćavanja otpadnih voda u poluindustrijskim uredajima pre

izrade projekta. U interesu unapređenja delatnosti u oblasti voda, Savetovanje preporučuje da organizator raznorti sledeće mogućnosti:

- a. održavanje savetovanja i simpozija,
- b. pripremu internacionalnog simpozija,
- c. izradu terminološkog rečnika i katastra korisnika i zagađivača voda.

— Referati koji su podneti na savetovanju, kao i diskusija na osnovu čega su i doneti ovi zaključci, pokazuju da nacrt zakona o vodama koji se upravo nalazi pred organima Skupštine nosi u sebi slabosti, jer nije problematiku voda obradio kompleksno.

Iz tih razloga Savetovanje smatra da pri donošenju ovog zakona treba uzeti u obzir i ove zaključke kako bi zakon o vodama obuhvatio problematiku voda u čitavoj njenoj kompleksnosti, a naročito sa aspekta zaštite voda od zagađivanja. Preporučuje se Saveznim organima da prije donošenja zakona o vodama organizuju po ovom pitanju široku diskusiju kod nadležnih i zainteresovanih institucija.

— Shvatajući nužnost što šireg informisanja javnosti kao i potrebu izmene iskustava svih zainteresovanih predlaže se izdavanje jednog jugoslovenskog stručnog časopisa koji bi tretirao probleme u vezi sa vodama.

— Učesnici savetovanja predlažu da se u znak zahvalnosti i odavanja priznanja sadržajnosti i stručnosti podnetih referata pristupi štampanju ovih referata i da se isti dostave zainteresovanima.

Dipl. ing. M. Mitrović

Prikazi iz literature

Autor: G. Klar

Naslov: Štajerski grafiti (Steirische Graphite)
Izdavač: Styria, Graz-Wien-Köln, 1964. god.

U ovoj knjizi su opisane sve vrste grafita: veštački, nuklearni, retortni, koloidni i grafit iz visokih peći.

Opširnije je obrađena teorija postanka grafita kao njegova mineralogija, geologija, petrografia i tektonika.

Dat je pregled o primeni grafita od najstarijih vremena kao i njegova sadašnja primena u industriji i zanatstvu.

Posebno su opisana sva austrijska nalazišta i priprema grafita.

Pored austrijskih nalazišta obrađena su nalazišta u ČSSR, Italiji, Norveškoj, Južnoj Koreji, Cejlонu, Madagaskaru i Meksiku.

Specijalno je obrađena primena štajerskih grafita.

Na kraju su date tablice proizvodnje grafita Štajerske i cele Austrije i izvoz.

Dipl. ing. G. Nešić

Engel Ludolf: Teorija sudara i praksa udarnog bušenja (Die Theorie des Stosses und die Praxis des schlagenden Bohrens). — „Bergbauwissenschaften“, Goslar, 11 (1964), 21/22 (25. nov.), 447—480, 2 fot., 1 crt., 2 dijag., 2 bibl. pod. (nem.).

Ako se pod terminom „sudar“ podrazumeva njegova definicija iz mehanike (sudaranje dva tela bez obzira na silu i vreme pri čemu dolazi do razmene impulsa i energije), onda se teorijska razmatranja kreću između dva krajnja slučaja: sudar dva potpuno kratka (neelastična) tela i sudar dva potpuno elastična tela. U tehničkim ispitivanjima zanemarujemo pojave drugih oblika energije (zvuk i toplota), jer njihova veličina samo simbolično dejstvuje kod realnih tela pri udarnom bušenju. Ponašanje i kretanje energije nije bez uticaja na oblik oruđa, što upravo znači da se pri svakom novom impulsu menjaju uslovi za njegovo dalje saopštavanje.

Da bi se još više približili stvarnosti naučnici su uveli termin „gubitak udara“. Njegova definicija pomaže daljem matematičkom savladavanju tehničkih problema. Faktori koji dolaze u obzir su uglavnom deformacija, trajanje suda i trajanje udara. Pored redovnih oscilacija javljaju se i prigušene. I jedne i druge se, u slučaju valjkastih tela nesrazmerne dužine, pra-

te pomoći teorije sudara koju je izveo Ramsner. Autor naročito navodi onaj deo teorije, gde Ramsaner objašnjava odnos krajne i početne brzine. Odstupanja su uslovljena konačnošću realnih tela, mehaničkih elemenata za udarno bušenje.

Pisac članka se opširnije zadržao na pojavnim zamora materijala. Pri tom je objašnjavao samo pribor standardizovan zapadno-nemačkim standardom DIN 20 377. Zamor se javlja kao posledica razmene energije i impulsa, kao i pri prelasku iz potencijalne energije u kinetičku i obratno.

Zanimljivo je da autor zanemaruje ulogu tvrdoće same stene.

Sva posmatranja i merenja su vršena u malim vremenskim razmacima (do 20 mjeseci). Isto tako rezultati pritiska izraženi su u kilopondima na kvadratni milimetar. Na osnovu opita i izračunavanja optimalni rezultati takođe vrede, ako su vezani za što je moguće kraći vremenski razmaka. Naravno, praksa dokazuje da sva ova izračunavanja i preporuke mogu povećati radni vek udarne bušilice, ali da do potpunog loma mora doći bilo ranije, bilo kasnije.

A. Birviš

M. G. Dunseth i M. L. Salutsky: *Odstranjivanje iz morske vode jedinjenja koja obrazuju kamenac; (Removal of Scale — Forming Elements from Sea Water).* — „Industrial and Engineering Chemistry”; Vol. 56, No. 6, June 1964; Pg. 36—61.

Snabdevanje valjanom vodom mnogi ubrajaju među one probleme savremenog čovečanstva za koje se obično kaže da su esencijalni; takvo razvrstavanje sigurno da je manje pogrešno nego li neupućeni misle. Neosporno je, naime, da zadovoljenje potrebe za valjanom vodom, tako i vode koja bi odgovarala industriji, postaje, doslovno svakim danom, sve teže i teže. Naseljenost i industrializovanost bivaju sve veće, istovremeno narastaju potrebe za valjanom vodom, a raspodjelive količine takve vode stalno se smanjuju, baš usled povećanja broja stanovnika i industrializovanosti, odnosno zbog sledstvenog zagadivanja izvora dobre vode.

Napori, pak, koji se ulažu da bi se to zagadivanje bar umanjilo, kad još nije moguće da se sasvim spreći, svakako da nisu beznačajni. Ali, oni ne mogu da dovedu do pravog rešenja: procene nedvosmisleno pokazuju da bi količine valjane vode, koje su ujenti prirodnim dosad iskorišćavani izvoru u stanju da pruže, uskoro bile nedovoljne čak i ako uopšte ne bi dozajlo do nastajanja takozvanih otpadnih voda, čak i da je geografski raspored izvora valjanih voda srećniji nego li jeste. Nade se, otuda, polažu u dobijanje slatke vode iz morske i velik broj načina da se ono ostvari ispituje se širom sveta, osobito u industrijski najrazvijenijim zemljama u kojima se nestaćica valjane vode i počela prvo da ispoljava.

Destilovanje morske vode radi njenog prevođenja u slatku vodu najpre je i moglo da bude razrađeno do industrijskog postupka što

uključuje koliko-toliko zadovoljavajuća tehnička i ekonomski rešenja; osnov tog postupka je proces, koji naša tehnička civilizacija koristi već vekovima i stalno usavršava; ne iznenadju je, što sva od onih nekoliko postrojenja izgrađenih da proizvode vodu za piće iz morske vode čine to njenim destilovanjem, odnosno što se najviše radi upravo na usavršavanju tog postupka.

O dobrim izgledima da se ostvari jedno značajno poboljšanje izvođenja destilovanja morske vode nedavno su pisali M. G. Dunseth i M. L. Salutsky u časopisu „Industrial and Engineering Chemistry“. Taj članak, međutim, nije zanimljiv samo za one, koji se bave ovim i ostalim načinima prerade morske vode u slatku vodu, već bi trebalo da privuče pažnju i onih, svakako neuporedivo brojnijih, čija je dužnost da izvode i usavršavaju dobijanje vodene pare. Naime, u pitanju su radovi na postupku kojim se iz morske vode izdvajaju jedinjenja što obrazuju kamenac prilikom njenog destilovanja. na postupku koji bi se cnožda mogao da primeњuje i za takozvano ornekšavanje slatkih voda.

Nastajanje kamenca na zagrevanim površinama uređaja za destilovanje morske vode ima u suštini iste posledice kao i pri proizvodnji vodene pare u bilo kom parnom kotlu; razlika je u tome, što su one ovde znatno teže, jer se radi o znatno većim materijalnim tokovima vode sa znatno više mineralnih materija. Kamenac čini da su investiciona ulaganja kruplnija nego li bi inače morala da budu, kako usled neophodnosti da se grade veća postrojenja, tako i zbog nužnosti da su ona napravljena od boljih, dakle skupljih, konstruktivnih materijala. Zatim, smanjenje dejstvenosti koje prouzrokuje kamenac umanjuje proizvodnost i povećava potrošnju toplotne energije pa operacioni troškovi postaju takođe veoma visoki. Obrazovanje kamenca, konačno, mnogo uvećava i izdatke za održavanje a prekidi rada, da bi se ostranile te naslage mineralnih materija, su česti i dugotrajni. Stoga se smatra da će destilovanje morske vode da bude ekonomično tek onda, kad se uspe da spreči nastajanje kamenca; uostalom, njegovo pojavljivanje još nije dopustilo ni da se procene stvarni troškovi tog procesa.

Kamenac, koji nastaje u toku destilovanja morske vode, je smeša karbonata kalcijuma, magnezijumovog hidroksida i kalcijum sulfata; prva dva sastojača tog kamenca su bazna jedinjenja obrazovana usled otparavanja ugljen dioksida pri zagrevanju. Zato se pojava kamenca najčešće pokušava da onemogući dodavanjem kiseline morskoj vodi, koja će da bude destilovana. Međutim, njeni veći kiselost sprečiće taloženje baznih jedinjenja, ali će imati samo mali uticaj, ako bude imala ikakav, na nastajanje prevlaka od kalcijumovog sulfata koji je, u stvari, najnezgodniji, budući da je njegova rastvorljivost obrnuto srazmerna temperaturi, da postaje sve manja što je temperatura viša. Očigledno je da se, otuda, povećavanjem kiselosti morske vode pre njenog uvodenja u postrojenje, u kome će da bude destilovana, ne isključuje mogućnost obrazovanja kamenca već samo on čini sporijim.

Druga, takođe, dosta često upotrebljavana metoda zasniva se na vezivanju u morskoj vodi prisutnih kalcijumovih i magnezijumovih jona sa izvesnim kompleksnim jedinjenjima, obično polisulfatima; pri tom nastaju spojevi velike rastvorljivosti. Ali, jedinjenja, sa kojima se kalcijum i magnezijum ovako prevode u rastvor, su prilično skupa i ne mogu da se izdvoje radi ponovnog korišćenja. Cena primenjivanja ove metode je neprihvatljivo visoka, pogotovo onda kad nije dovoljno jedino usporiti stvaranje kamenaca.

Pun uspeh nije postignut ni primenom prikladnih raznenjivača jona. Sprovedena ispitivanja pokazala su da se sa njima može da odstrani najviše 50% kalcijuma i 20% magnezijuma, i to iz „razblažene“ morske vode, te bilo neophodno dodavati još i kiselinsku.

Neosporno najzanimljiviji način za uklanjanje iz morske vode jedinjenja, koja stvaraju kamenac, je onaj, koji se sastoji od opticanja pogodnog mulja. Na česticama tog mulja trebalo bi da se ta jedinjenja talože više odnosno brže, nego li na zagrevanim površinama postrojenja za destilovanje; one treba da imaju ulogu kristalizacionih klica. Međutim, da bi mogao da bude ispravno ocenjen, još mnogo truda treba da se uloži u ispitivanje i razvijanje tog postupka za koji se, sigurno, neće moći da kaže da je, aparativno i operaciono, baš sasvim jednostavan.

Nasuprot tome postupak na kome su radili Dunseth i Salutsky ne uključuje ni jednu izuzetno složenu ili bar neuobičajenu, odnosno nedovoljno razrađivanu jediničnu operaciju hemijskog inženjerstva: oslobođenje morske vode od u njoj sadržanog kalcijuma i magnezijuma izvodi se, po tom postupku, njihovim obaranjem sa fosfornom kiselinom i amonijakom; posle sedimentacionog taloženja nastali fosfati i amonijum fosfati se zagrevaju da bi magnezijumov amonijum fosfat iz heksahidratnog oblika prešao u monohidratni; na kraju se izdvajaju filtriranjem i ispiraju.

Ovaj način za odstranjivanje kalcijuma i magnezijuma iz morske vode, za potpuno odstranjivanje ili do sniženja njihovih koncentracija na veličine, pri kojima ne bi bili pre-

mašeni proizvodi rastvorljivosti jedinjenja, koje obrazuju kamenac — CaCO_3 , $\text{Mg}(\text{OH})_2$ i CaSO_4 — moći će da se primenjuje jedino, ako cene korišćenih taložnih sredstava ne budu visoke, to jest ako vrednost staloženih spojeva ne bude mala.

Fosforna kiselina (ona koja se proizvodi morkim postupkom) i (anhidrovani) amonijak ne spadaju među jeftinije sirovine, ali sa njima dobijeni fosfati predstavljali bi, prikladno granulisani, veštačko dubrivo velike vrednosti. Sa državajući približno 7% N, 43% P_2O_5 , 21% MgO i 5% CaO , pored gvožđa, cinka, bakra i manganu u tragovima, ta smeša fosfata mogla bi da se prodaje po ceni višoj od cena koje postižu ubičajena poljoprivredna veštačka dubriva, dakle, kao dubrivo koje bi se koristilo u povrtstvu, cvećarstvu i, naročito, pri pošumljavanju goleti.

Naravno, tržište za veštačka dubriva te vrste nije neograničeno, i pored sve veće potražnje. Primena ovog postupka u razmerama u kojima će, računa se, da bude morska voda destilovana, iziskuje zato da pomoću njega proizvedeno veštačko dubrivo postane konkurenčno ubičajenim poljoprivrednim veštačkim dubrivismima. (To može da se postigne izvesnim tehnološkim poboljšanjima: upotrebom sirovina jeftinijih od fosforne kiseline i anhidrovanih amonijaka ili korišćenjem jednog dela nastalih fosfata u procesu. Uz to — njegovu ekonomiku bi, u znatnoj meri, moglo da popravi i jednovremeno izdvajanje nekih drugih mineralnih materija iz morske vode pa se, pišu Dunseth i Salutsky, pažljivo proučava mogućnost da se zajedno sa kalcijumom i magnezijumom taloži i kalijum.)

Međutim, u slučaju da se ovaj postupak primeni na pripremu slatke vode za njeno korišćenje u parnim kotlovima — ili u industrijskim procesima koji zahtevaju „meku“ vodu — dobijale bi se količine sličnog veštačkog dubriva za koje, gotovo sigurno, ne bi bilo ni najmanje teško naći potrošače spremne da platite njegovu srazmerno visoku cenu. Ispitivanje primenljivosti opisane metode za „omešavanje“ slatke vode, osobito one sa kojom se napajaju veliki potrošači, izgleda sasvim opravданo.

Dipl. ing. P. Parezanović



Dokumentacija i informacije Rudarskog instituta

Rudarski institut izdaje već četvrtu godinu sedam različitih edicija, koje su svojim izlaženjem doprinele popunjavanju praznina u jugoslovenskoj stručnoj rudarskoj literaturi.

Tromesečni časopis „Rudarski glasnik” dobro je primljen i u inostranstvu. Dosad ga prima oko 170 raznih rudarskih institucija.

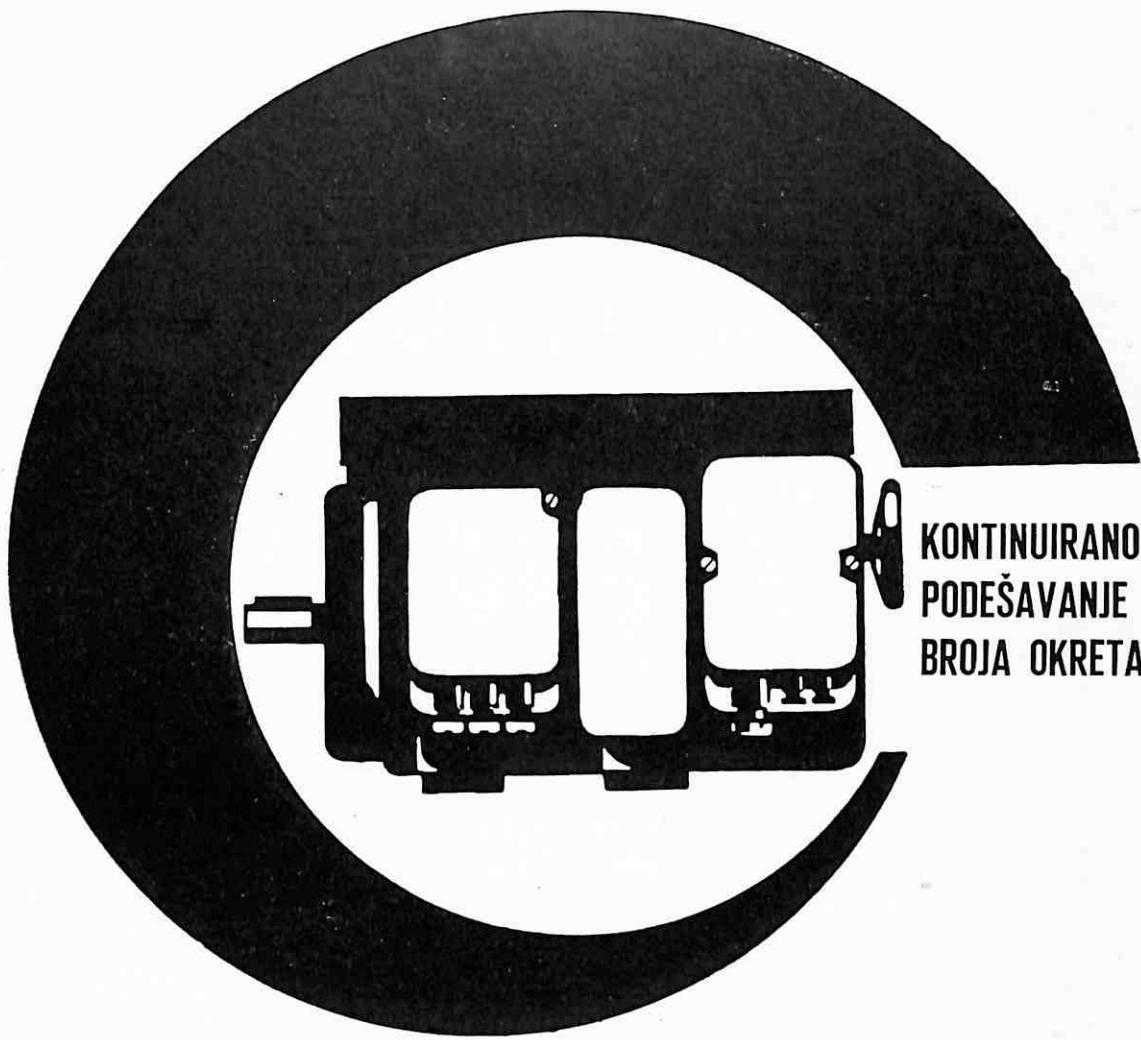
U nivou sadržaja „Rudarskog glasnika” govori i činjenica da su članci naših istaknutih stručnjaka — saradnika „Rudarskog glasnika” traženi već nekoliko puta zbog objavljivanja njihovih prevoda u inostranim časopisima.

Po pitanju informisanja posebnu pomoć s vima rudarskim inženjerima i tehničarima u zemlji pruža Institut štampanjem pojedinih aktuelnih časopisa („Informacije B”), umnožavanjem interesantnijih prevoda („Informacije C”) i izдавanjem „Biltena za naučno-tehničku dokumentaciju” („Informacije D”); koji donosi pregled najnovije stručne literature, objavljene u preko 370 naučno-stručnih časopisa, domaćih i stranih.

Cene publikacija i usluga po pitanju dokumentacije i informacija u individualnoj prodaji su veoma pristupačne.

Obratite se na:

Biro za naučno-tehničku dokumentaciju i publicacije Rudarskog instituta, Zemun, Batajnički put br. 2.



KONTINUIRANO
PODEŠAVANJE
BROJA OKRETAJA

Racionalna proizvodnja veće kvalitete s VEM-kolektorskim-motorima

Producija kvalitetnijih industrijskih proizvoda zahtjeva modernu tehnologiju, precizno upravljanje proizvodnim procesom, a u mnogim slučajevima i pogonske motore s promjenljivim brojem okretaja. U tekstilnoj i poligrafskoj industriji i industriji papira kao i u mnogim drugim industrijskim granama se izrada proizvoda ujednačeno visoke kvalitete bez pogonskih motora, koji

omogućuju stalnu promjenu brojeva okretaja, ne može niti zamisliti. Za sve ove svrhe isporučuje pogon VEM Elektromotorenwerk Grünhain, u mnoge zemlje, poznate rotorski pojene VEM posredne kolektorske motore na izmjeničnu struju. Rado dajemo iscrpne obavijesti o našem izvoznom programu kolektorskih motora.



VEM-Elektromaschinenwerke
Njemačka Demokratska Republika

IZVOZNIK:

Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

104 Berlin, Chausseestr. 111/112

Zainteresirani neka se obrate na firmu:



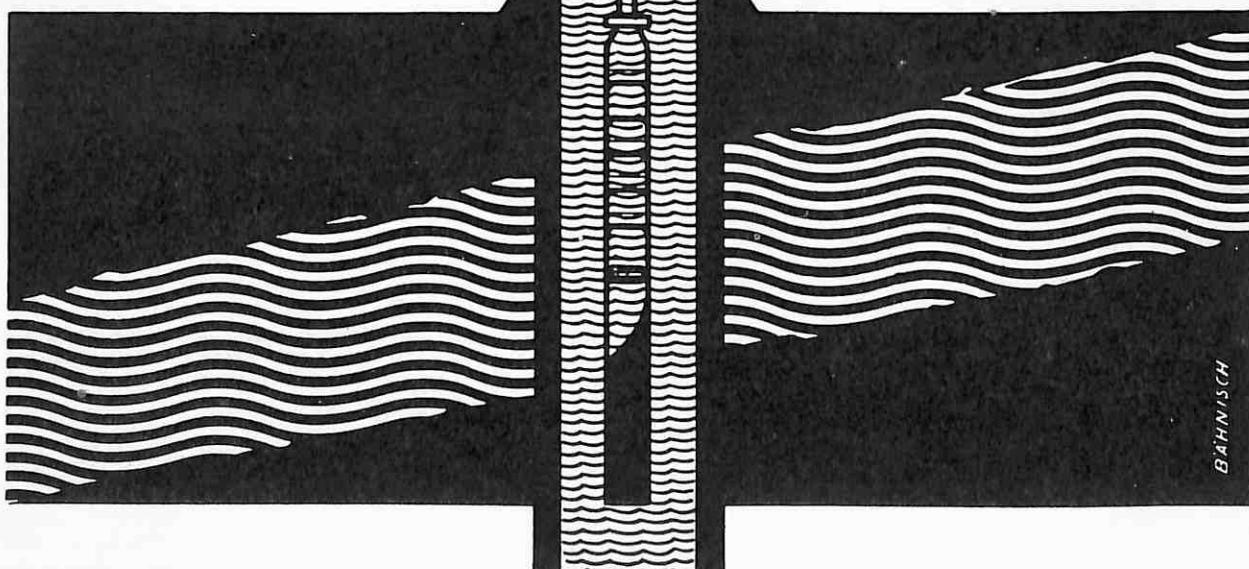
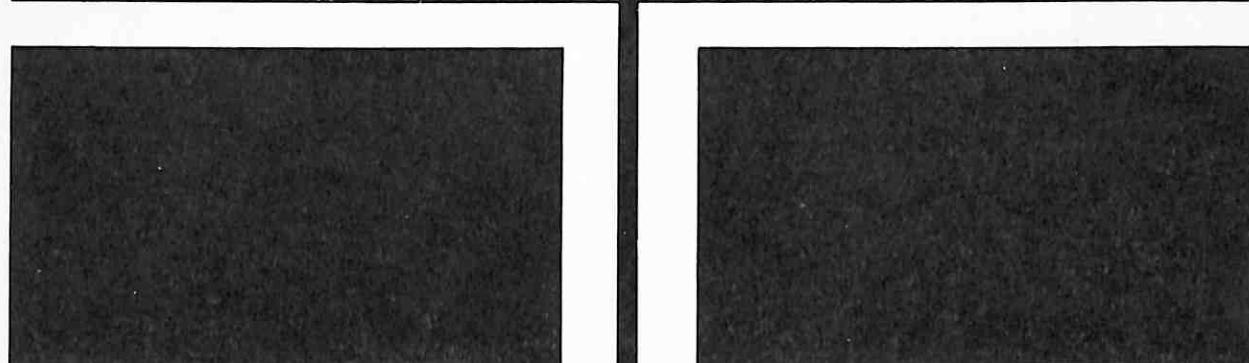
RAPID

BEOGRAD, Knez Mihailova 7
telefon: 622-132, telex: 01-206
ili na

RAPID, Zagreb, Ljubljana, Sarajevo



EKM



PODVODNE MOTORNE PUMPE — KONSTRUKCIONA SERIJA U

služe za ekstrakciju vode iz većih dubina s najmanjim utroškom za bunare i montažu. Lako se montiraju, nije im potrebno postolje i kućište pumpe, a rade pouzdano bez posluživanja.

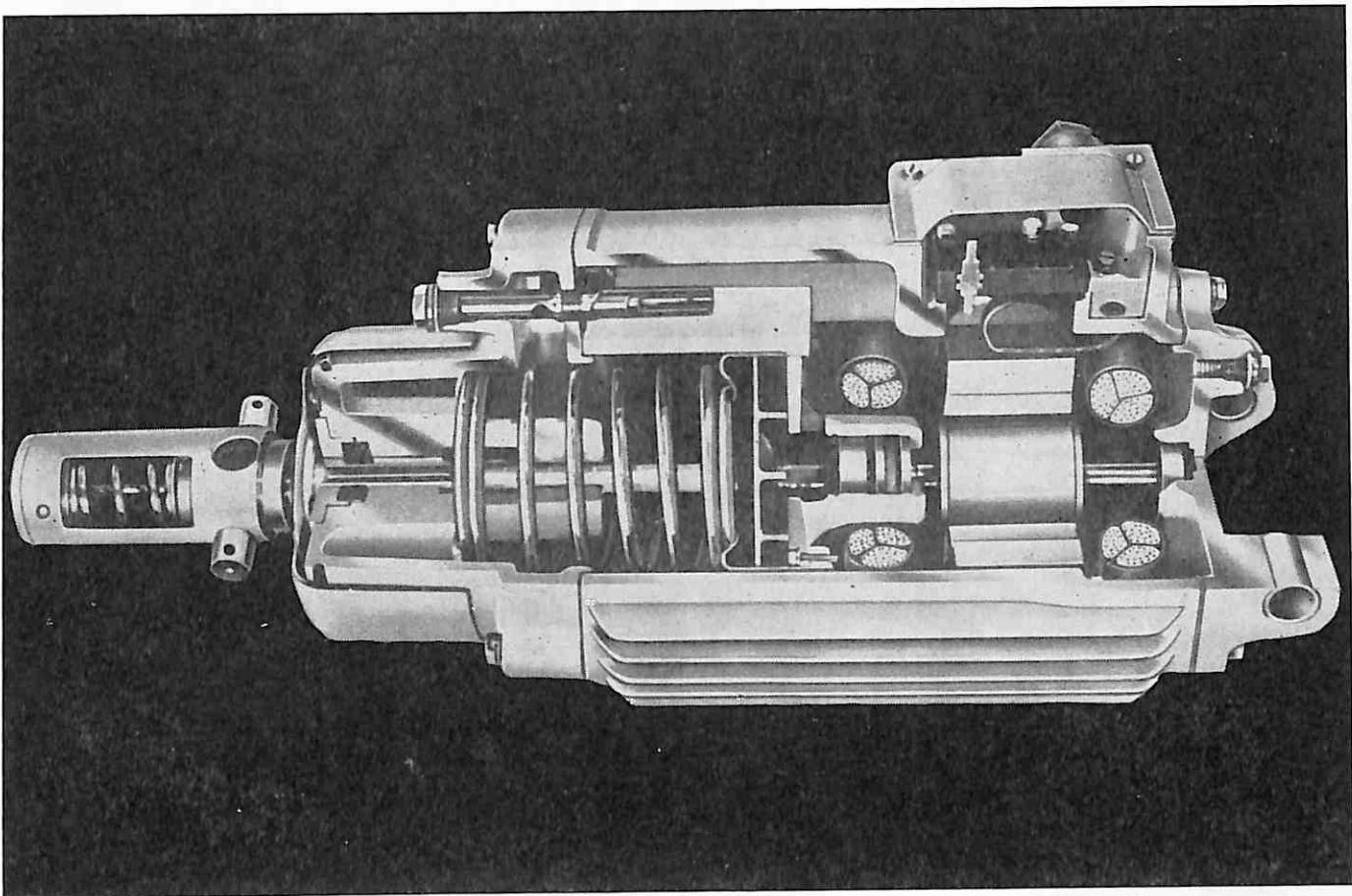
Primjenjuju se za ekstrakciju pitke vode u gradovima i općinama, za opskrbu vodom industrije i poljoprivrede, za opadanje podvodnih voda i za otapanje i zadržavanje vode u rudarstvu i rovovima.

RADNE KARAKTERISTIKE: transportna količina — 40 do 630 m³/h
transportna visina do 160 m



TECHNOCOMMERZ GmbH

108 BERLIN, TAUBENSTRASSE 4—6
Njemačka Demokratska Republika



Presjek ELHY aparata

PRAVO BLAGO ZA TEHNIČARE.

tako je nazvan elektrohidraulični aparat za upravljanje iz Oschersleben-a, koji je na Zagrebačkom Velesajmu izazvao jednodušni interes stručnjaka.

Način rada je neobično jednostavan: trifazni motor, prikazan gore desno u presjeku modela aparata dvostrukog hoda radi na pogon centrifugalne pumpe, koja tjera ulje transformatora da cirkulira i na taj način proizvodi hidraulični pritisak, koji se preko klipova i klipnjača pretvara u korisnu snagu.

Snaga se ne razvija grubo i tvrdo kao kod elektromagnetskih aparata, nego mekano, elastično i bez udara. ELHY aparati su neosetljivi prema preopterećenju. Broj uklapanja iznosi 2000 uklapanja na sat.

Ventili, zasuni, sklopke, spojke, male preše, štance i sve vrste uređaja mogu se isto tako precizno staviti u pokret kao npr. daljinski upravljana skretnica. Oštromnom konstruktoru pružaju se ovdje neslućene mogućnosti, koje samo treba znati iskoristiti. Izvolite zatražiti naše iscrpne obavijesti.



VEM-Elektromaschinenwerke
Njemačka Demokratska Republika

IZVOZNIK:

Deutscher Innen- und Aussenhandel

Elektrotechnik

104 Berlin, Chausseestr. 111/112

ZASTUPNIK ZA SFRJ:

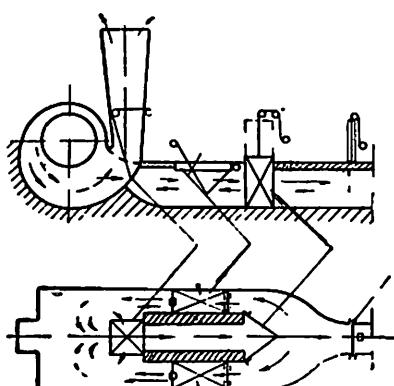
R A P I D
BEOGRAD

Knez Mihailova 7/1

BIRO ZA VENTILACIJU I TEHNIČKU ZAŠTITU RI — BEOGRAD

OBAVLJA SLEDEĆU NAUČNO—ISTRAŽIVAČKU I PROJEKTNU DELATNOST:

- izučavanje mikro-klimatskih prilika u rudnicima i industrijskim postrojenjima (radna sredina, uticaj klime na radnu sposobnost, kondicioniranje vazduha i dr.)
- izučavanje i projektovanje ventilacije u rudnicima i industrijskim postrojenjima
- izučavanje prirodne sklonosti ugljenih slojeva ka samozapaljenju kao i metoda i sredstava za sprečavanje samozapaljenja uglja i savlađivanje nastalih jamskih požara
- izučavanje izvora i eksplozivnih osobina ugljene prašine i tehničkih rešenja za savlađivanje ove opasnosti u rudnicima uglja i industrijskim postrojenjima

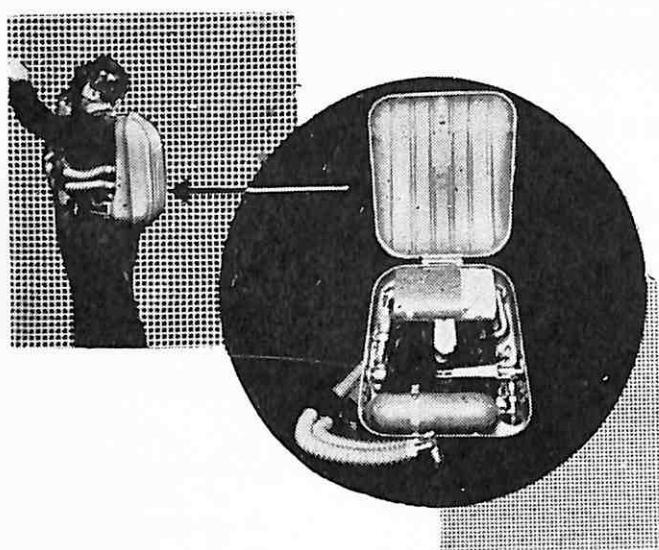


- izučavanje izvora škodljivih prašina u rudarskim i industrijskim pogonima kao i metoda i tehničkih rešenja za borbu protiv silikoze, pneumokonioze, azbestoze i dr.
- primenu pribora za miniranje u rudnicima sa sigurnosnog aspekta
- izučavanje metanonosnosti ležišta i tehničkih rešenja za veštačko otpinjavanje metanonosnih slojeva

- izučavanje gasonosnih odnosa u rudnicima i industrijskim postrojenjima i tehničkih rešenja za otklanjanje opasnosti od opasnih i škodljivih gasova
- izučavanje problematike odvodnjavanja u rudnicima i tehničkih rešenja za organizaciju odvodnjavanja
- primenu automatizacije u oblasti provetrvanja rudnika, odvodnjavanja rudnika i kontrole eksplozivnih i škodljivih gasova
- izučavanje elemenata tehnologije proizvodnje u rudnicima (otvaranje rudnika razrada i prema, otkopne metode, podgrađivanje, transport i izvoz i dr.) sa sigurnosnog aspekta i izradu tehničkih rešenja za povećanje stepena sigurnosti
- izučavanje i atestiranje ventilacionih uređaja i pribora
- izučavanje i atestiranje opreme za ličnu i kolektivnu zaštitu
- izučavanje i izrada planova odbrane od potencijalnih opasnosti u rudnicima



RUDARSKI INSTITUT — BIRO ZA VENTILACIJU I TEHNIČKU ZAŠTITU,
BEOGRAD, ZEMUN, Batajnički put 2



Sigurnost

Tamo gdje se radi o tome, da se radnim ljudima pruži jamstvo da je u slučaju opasnosti učinjeno sve za njihovu sigurnost, postali su naši uređaji za zaštitu dišnih organa pojam kvaliteta i pouzdanosti.

Za rudokope i industriju isporučujemo:

- Zaštitne aparate protiv plinova
- Aparate za umjetno disanje
- Inhalacione sprave na kisik - u kovčegu
- Potpune maske i polu-maske za zaštitu dišnih organa
- Sprave sa otvorom i filteri za umeranje
- Regulacione sprave s filterom
- Aparate za svježi zrak
- Sprave za zaštitu protiv peskarenja
- Ručne pumpe za pretakanje
- Ispitne sprave za maske
- Ventile i aparate



VEB MEDIZINTECHNIK LEIPZIG

LEIPZIG W 35, FRANZ-FLEMMING-STRASSE 43

IZVOZNIK:

Deutsche Export-und Importgesellschaft

Feinmechanik-Optik m. b. H.

Berlin C 2, Schicklerstrasse 7

NJEMAČKA DEMOKRATSKA REPUBLIKA

ZASTUPNIK ZA SFRJ:

B A L K A N I J A

Beograd, 7. jula 10

ZAVOD ZA PROJEKTOVANJE I KONSTRAUISANJE RUDARSKOG INSTITUTA ZEMUN

Bavi se projektovanjem i konstruisanjem postrojenja, mašina i opreme iz svih oblasti eksploatacije, pripreme i tehnološke prerade mineralnih sirovina. U sastavu Zavoda nalaze se sledeća odeljenja:

KONSTRUKTIVNO,
GRADEVINSKO
ODELJENJE

ODELJENJE ZA NISKU
GRADNJU

ARHITEKTONSKA
GRUPA

GRUPA ZA MAŠIN-
SKO PROJEKTQ-
VANJE

ELEKTRO GRUPA

GRUPA ZA AUTOMATI-
ZACIJU I SIGNALI-
ZACIJU

ODELJENJE ZA
KONSTRAUISANJE

RUDARSKI INSTITUT — ZAVOD V

ZEMUN — Batajnički put 2

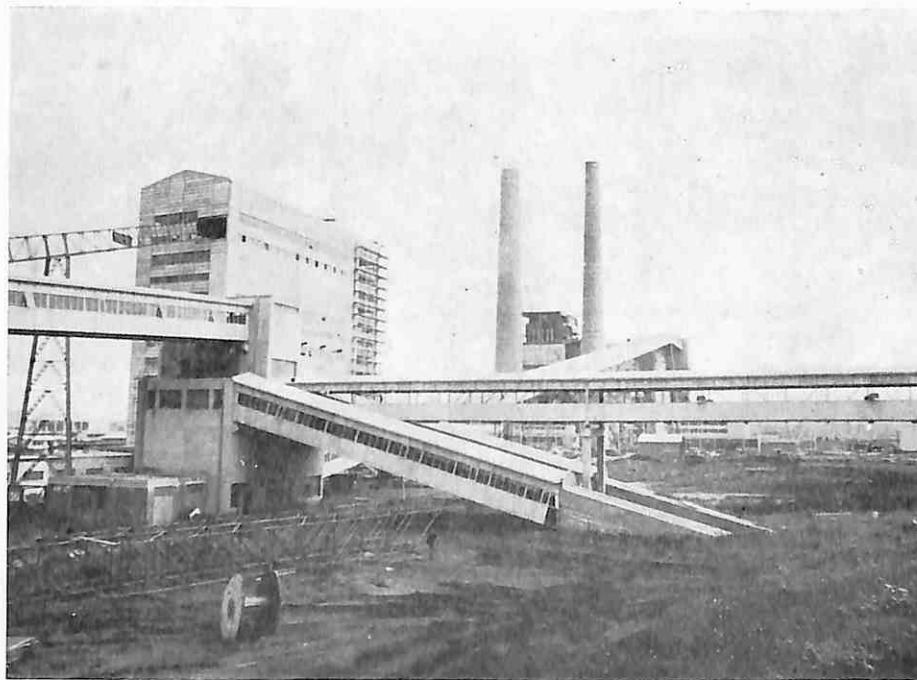
Telefon: 608 546

ZAVOD ZA PROJEKTOVANJE I KONSTRUISANJE RUDARSKOG INSTITUTA

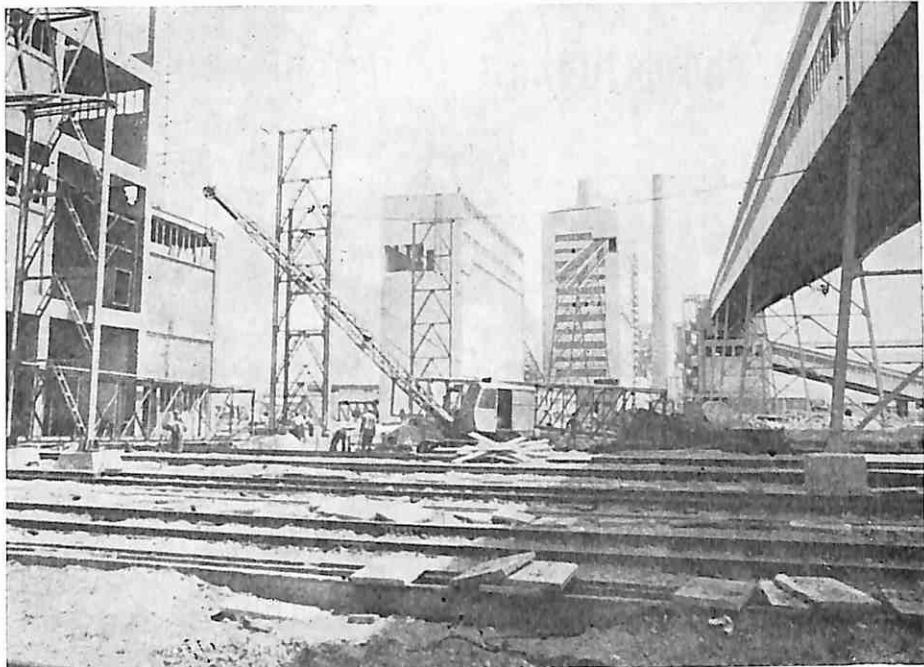
ZEMUN, Batajnički put br. 2

Telefoni: 608-546, 608-541/03

Grupa za mašinsko projektovanje
Arhitektonska grupa
Konstrukciono-građevinska grupa
Odeljenje za niskogradnju
Elektro grupa



projektuju i konstruišu postrojenja i mašine na osnovu dobijenih tehnoloških procesa od ostalih Zavoda i Bi-roa RI, razrađuju investiciono-tehničku dokumentaciju za izgradnju rudarskih objekata i postrojenja i dr.



U okviru svog rada odeljenja i grupe Zavoda za projektovanje i konstruisanje Rudarskog instituta

projektuju postrojenja za:

- preradu uglja (suva i mokra separacija, sušare) i gasifikaciju;
- preradu metala i nemetala (drobljenje i mlevenje rude, flotaciju, otprašivanje drobiličnih postrojenja na površini i pod zemljom) i
- rekonstrukciju postojećih postrojenja;

vrše gradevinska projektovanja za:

- rudarske objekte, pristupne puteve, industrijske koloseke, vodovode, izvozne tornjeve, ranžirne stanice, odbranu površinskih kopova od atmosferskih voda, hale za izvozne mašine, jalovišta i sve pomoćne objekte za rudnike;

projektovanje — snabdevanje električnom energijom:

- instalacije u jamama i površinskim kopovima, instalacije za objekte za pripremu i preradu mineralnih sirovina, trafostanice, dalekovode, motorni razvod sa potrebnom signalizacijom i blokadom u postrojenjima i ostale instalacije slabe i jake struje.

svim svojim saradnicima

čestita

praznik rada

1. maj

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

