



3^{BROJ}
62^{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
ŠTAMPARIJA: „B R A N K O Đ O N O V I Ć”, GUNDULIĆEV VENAC 25, BEOGRAD



3^{BROJ}
62^{GOD}

RUDARSKI GLASNIK

B U L L E T I N O F M I N E S
B U L L E T I N D E S M I N E S
Г О Р Н Ы Й Ж У Р Н А Л
B E R G B A U Z E I T S C H R I F T

GLAVNI UREDNIK

Ing. BOŽIDAR POPOVIĆ, naučni savetnik, upravnik Zavoda za tehnološku preradu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA:

Ing. MIRKO PERIŠIĆ, direktor Rudarskog instituta u Beogradu

Dr ing. DRAGOMIR MALIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Ing. MILORAD PETROVIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i upravnik Zavoda za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Dr ing. ĐURA LEŠIĆ, redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i upravnik Zavoda za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Ing. BORISLAV SPASOJEVIĆ, savetnik, Sekcija za energetiku Privredne komore NRS, Beograd

Ing. ALEKSANDAR BLAŽEK, viši savetnik, Savezni zavod za privredno planiranje, Beograd

Ing. BRANKO GLUŠČEVIĆ, profesor Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu

Ing. RISTO MISITA, viši savetnik Jugoslovenskog zavoda za standardizaciju, Beograd

Ing. JOVAN VINOKIĆ, savetnik u Savetu obojene metalurgije, Beograd

Ing. MOCO SUMBULOVIĆ, sekretar Saveta industrije i rudnika za nemetale, Beograd

Ing. SLAVKO DULAR, savetnik u Udruženju jugoslovenskih železara, Beograd

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

Ing. KIRIL ĐORĐEVIĆ, direktor projektantskog zavoda „Metalurgija” — Beograd

Ing. LJUBOMIR NOVAKOVIĆ, viši stručni saradnik, upravnik Biroa za termotehniku u Rudarskom institutu, Beograd

Ing. JOVAN MIHAJLOVIĆ, viši stručni saradnik, upravnik Zavoda za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu, Beograd

Dipl. hem. NICIFOR JOVANOVIĆ, naučni saradnik, upravnik Biroa za analitičku hemiju u Rudarskom institutu, Beograd,

SADRŽAJ

INDEX

PROF. ING. BRANKO GLUŠČEVIĆ		
<i>Studija izbora otkopnih metoda Pb-Zn ležišta Blagodat — Bare i Podvirovi</i>	— — — — —	5
<i>Study on the mining methods of the ore deposits Blagodat — Bare and Podvirovi</i>	— — — — —	16
ING. MOMČILO SIMONOVИĆ		
<i>Cementacija šupljikavih vodonosnih terena u cilju zatvaranja vode kod izrade rudarskih okana</i>	— — — — —	18
<i>The cementation of porous water ground as preventive operation against water irruption during shaft sinking</i>	— — — — —	33
DR ING. STEVAN MARKOVIĆ		
<i>Mokri postupak za dobijanje azbesta iz sirovine rudnika „Stragari”</i>	— — — — —	35
<i>A wet process for "Stragari" Asbestos separation</i>	— — — — —	40
<i>Iz rudarske prakse</i>		
PROF. DR ING. ĐURA LEŠIĆ		
<i>Dinamika izgradnje i usavršavanja pogona i tehnološkog procesa obogaćivanja antimonskih ruda zapade Srbije</i>	— — — — —	41
<i>The steps in the flowsheet improvement of the mill for dressing of antimony ores in west Serbia</i>	— — — — —	51
ING. BORISLAV MLAĐENOVИĆ		
<i>Ležište magnetita „Lipovac” (prilog ka poznavanju naših ležišta gvožđa).</i>	— — — — —	52
<i>The magnetit deposit at Lipovac (A contribution to learning about our iron ore deposits)</i>	— — — — —	55
ING. VJEKOSLAV KOVAČEVIĆ		
<i>Otkopavanje ugljenih slojeva u zaštitnim stubovima</i>	— — — — —	57
<i>Abbau von Kohlenflözen in Schutzwänden</i>	— — — — —	63
ING. MIRKO KOLIN — ING. JOSIP ERNOIĆ		
<i>Prikaz primjenljivosti PK-3 kombajn stroja u jami Ladanje Ivanečko-ladanjskih ugljenokopa u Ivanču</i>	— — — — —	65
<i>The Applicability of Continuous Miner for Drift-Work Type PK-3 in the Mine Ladanje, Ivanec Colliery in Ivanec</i>	— — — — —	69
<i>Iz istorije rudarstva</i>		
DR VASA SIMIĆ		
<i>Dolazak Feliksa Hofmana u Srbiju (Jedna značajna stogodišnjica)</i>	— — — — —	70
<i>Die Tätigkeit Felix Hofmann's in Serbien vor 100 Jahren</i>	— — — — —	70

Kongresi i stručna putovanja

ING. BOŽIDAR POPOVIĆ

*XIV međunarodni kongres za rudarstvo i metalurgiju i proslava 200-go-
dišnjice Rudarske akademije u Frajbergu* — — — — — 77

ING. MIRA MITROVIĆ

IV međunarodni kongres za pripremu kamenog uglja — — — — — 79

PROF. ING. FILIP FILIPOVIĆ

Leobenski dan rudara 1962. godine — — — — — — — — — 80

Pitanja i odgovori

*Kako je organizovana višestepena nastava na Rudarskom odseku Ru-
darsko-gološkog fakulteta u Beogradu?* — — — — — — — — 81

Šta je autogeno mlevenje i da li se ono u praksi primenjuje? — — — 82

*Kakva najnovija sredstva postoje za praćenje sadržaja metana u jamskom
vazduhu?* — — — — — — — — — — — — — — — — — — — 82

O bav e š t e n j a

Međunarodna studijska grupa za olovo i cink — — — — — — — — 83

Prikazi iz literature — — — — — — — — — — — — — — — — — — — 84

Studija izbora otkopnih metoda Pb-Zn ležišta Blagodat — Bare i Podvirovi

(sa 6 slika)

Prof. ing. Branko Gluščević

Ležišta Blagodat — Bare i Podvirovi pripadaju Rodopskoj rudnoj oblasti. Ležište Blagodat sa Barama nalazi se na jugoistočnoj padini planine Besne Kobile (kota 1922 m) i udaljeno je u vazdušnoj liniji oko 20 km zapadno od Bosiljgrada. Ležište Podvirovi nalazi se na južnim padinama planinskog vrha Bele Vode (kota 1829 m) i udaljeno je u vazdušnoj liniji oko 18 km jugozapadno od Bosiljgrada. Iako od Podvirova do Blagodati putem ima oko 60 km, radi ekonomičnosti eksploatacije sva tri ležišta treba posmatrati kao celinu.

Ležište Blagodat eksplorisalo je od 1911 do 1913. godine jedno italijansko društvo. Za to vreme proizvedeno je oko 30.000 tona rude sa izdanka jednog rudnog tela. Na rudniku je bila podignuta manja gravitaciona separacija na ušću Krivodolske u Crnu Reku, a ruda prevožena žičarom dužine 1,2 km. Za vreme prvog svetskog rata rudnik je prestao raditi. Za to vreme nisu vršeni neki značajni istražni radovi.

Posle oslobođenja u periodu od 1948. do 1953. godine vođeni su istražni radovi od strane Direkcije rudnika Mačkatica, a zatim od preduzeća Trepča. Krajem 1956. godine Zavod za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, izradio je montan-geološku studiju i plan detaljnih istražnih radova, pa je početkom 1958. godine otpočeo obimnije is-

tražne radove u području Blagodati i Podvirova.

Izvršenim istražnim radovima do sada su utvrđene sledeće rudne rezerve:

- Ležište Blagodat oko 500.000 t sa 7,2% Pb i 7,7% Zn.
- Ležište Bare oko 25.000 t sa 8,3% Pb i 6,73% Zn.
- Ležište Podvirovi oko 110.000 t sa 10,4% Pb, 10,2% Zn i 2,6% Cu.

Za sva tri ležišta izrađeno je oko 6.700 m istražnih hodnika i oko 300 m uskopa, odnosno oko 7.000 m istražnih rudarskih radova. Dubinsko bušenje praktično nije vršeno. Prema tome, za jednu tonu utvrđenih rezervi izrađeno je oko 12 mm istražnih radova.

Rudna ležišta Blagodat — Bare i Podvirovi po sadržaju metala spadaju u grupu naših najbogatijih ležišta olova i cinka. Rudne rezerve količinski još nisu znatne, ali i stepen istraženosti još uvek nije dovoljan. S obzirom na povoljne geološko-strukturne prilike, postoje povoljni izgledi da se u doglednom vremenu rudne rezerve još povećaju, a niže kategorije prevedu u više.

Rudarski Institut iz Beograda (Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina i Zavod za pripremu mineralnih sirovina) dobio je

zadatak od Zavoda za geološka i geofizička istraživanja NR Srbije, da izradi „Tehničko-ekonomsku studiju eksploatacije ležišta Blagodat — Bare i Podvirovi” sa ciljem uvida o ekonomičnosti eksploatacije ovih ležišta.

Izrađena studija je pokazala da se pomenuta ležišta, i pored još nedovoljnih rudnih rezervi, loših komunikacija i teških terenskih prilika, mogu ekonomski uspešno eksploatisati.

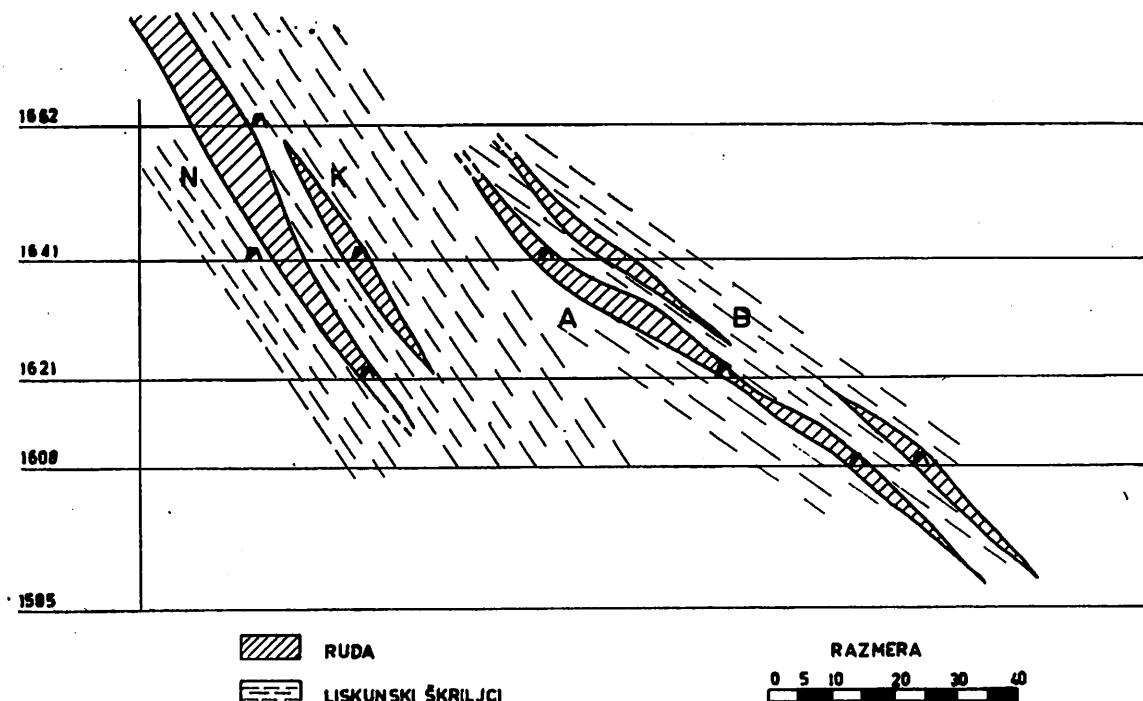
U ovom članku prikazana je samo studija izbora otkopnih metoda.

Montan-geološke karakteristike ležišta i kapacitet proizvodnje

B l a g o d a t . — Rudna tela ležišta Blagodat nalaze se u kristalastim škriljcima i mermerima u obliku većih i manjih sočiva. Njihov postanak vezan je sa probojima granodiorita i sanidinskih dacita

U severozapadnom području imamo dve zone sočiva koja imaju pravac pružanja SZ — JI sa padanjem prema SI. Jednu zonu sačinjavaju sočiva A i B, čiji kontinuitet po padu, prema do sada poznatom stepenu istraženosti, iznosi oko 120 m. Takođe postoji još nekoliko manjih sočiva maloga kontinuiteta u blizini ovih glavnih. Sočivo A je najrazvijenije i na horizontu 1621 m proteže se na dužini od 180 m sa promenljivom moćnošću od 2—6 m. Padni ugao svih ovih sočiva varira u granicama od 25—32°. Sočiva su međusobno skoro paralelna i odvojena jalovom zonom, koja je moćna od 3—10 m, a mestimično i više (vidi presek kroz severozapadno područje — slika 1).

Na 30—40 m JZ od prve zone javlja se druga zona sočiva M, N, L i manje sočivo K. Ova se sočiva, prema sadašnjem stepenu istraženosti protežu po pružanju i padu oko 50—60 m, a sočivo N i više. Moćnost doseže na mestima zadebljanja i do 12 m. Padni



Sl. 1 — Severozapadno rudno područje (Blagodat); poprečni profil.
Fig. 1 — Nord-West mineralized zone (Blagodat); cross section.

U ležištu su za sada poznata dva rudna područja i to severozapadno i jugoistočno, čija udaljenost iznosi oko 100 m.

ugao ovih sočiva je strm i iznosi preko 50°. Ona su međusobno paralelna i odvojena jalovom zonom moćnom od 3—10 m.

U jugoistočnom području rudna sočiva imaju pravac pružanja ZSZ — IJI sa padanjem prema SSI. I ovde imamo dve zone rudnih sočiva. U prvoj zoni javljaju se paralelna sočiva X i Y manjeg kontinuiteta po pravcu pružanja i padanja, a zatim južnije na oko 40 m javlja se druga zona. U toj zoni nastupa 9 rudnih sočiva većih i manjih (vidi presek kroz jugoistočno područje — slika 2). Prema načinu zaledanja i međusobnoj vezi sočiva, može se zaključiti da je postrudna tektonika u ovom delu bila intenzivnija nego u severozapadnom području. Istražni radovi u ovom području još nisu dovoljno razvijeni i kontinuitet sočiva po padu još nije određen. Najveće sočivo broj 1, na horizontu 1605 m, ima površinu od 1100 m² i pruža se na dužini od 120 m, a moćnost mu varira od 3—12 m. Padanje sočiva iznosi od 50—60°.

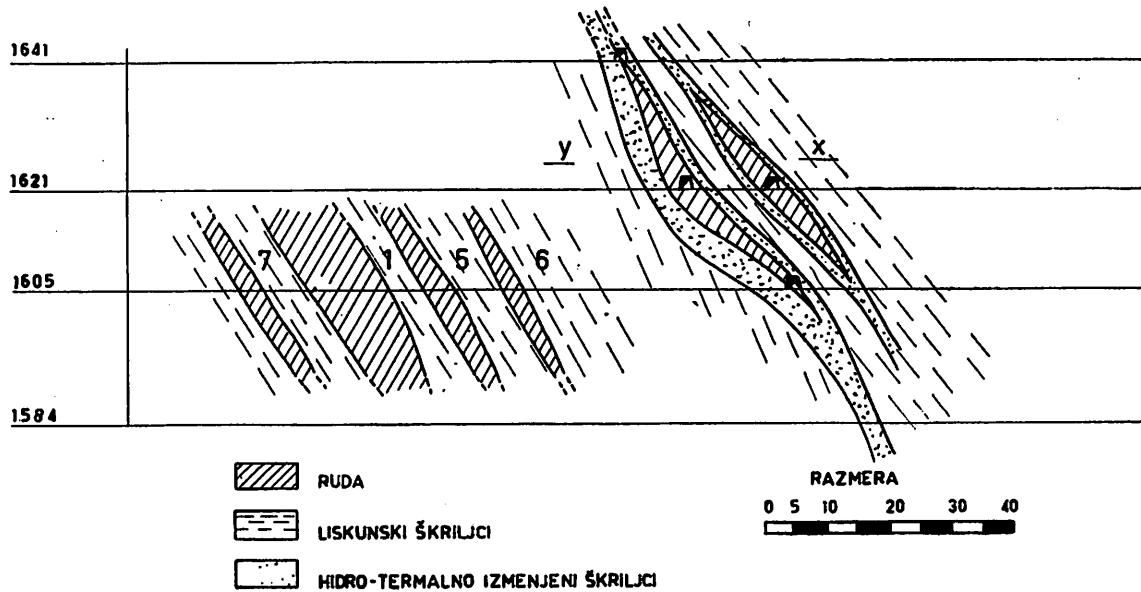
Ležište Blagodat u izvesnim delovima bilo je zahvaćeno procesom oksidacije i to više u JI delu, gde su razvijene interkalacije mermara.

Pored kompaktnih rudnih sočiva u ležištu se javlja i impregnacioni tip orudnjenja, ali mineralizacija sa Pb i Zn je jako niska, tako da ovaj tip nema ekonomске vrednosti.

hidrotermalno izmenjene partie škriljaca. Kontakt između rude i pratećih stena je jasan i oštar. Okolne stene se odlikuju izvanrednom čvrstoćom, jer su silifikovane. Specifična težina rude iznosi 3,4 t/m³.

B a r e. — Ležište Bare nalazi se oko 600 m severoistočno od Blagodati i pripada posebnoj rudnoj zoni područja Blagodat. To je ležište sočivasto-žičnog tipa sa promenljivom moćnošću, koja varira od 0,3—1,6 m. Pravac pružanja je SZ — JI sa padom prema JI pod uglom od 50—60°. Orudnjenje se javlja u kristalastim škriljcima u brečastom materijalu jedne rasedne zone. Istražni radovi nisu dovoljno razvijeni i ležište je istraženo na dužini od oko 350 m, a po visini od oko 40 m. Fizičko-mehaničke osobine rude i pratećih stena su iste kao i kod ležišta Blagodat, a isto tako i specifična težina.

P o d v i r o v i . — Rudno ležište Podvirovi pripada žičnom tipu i nalazi se u kristalastim škriljcima, kao i duž kontakta škriljaca i sanidinskih dacita, koji se javljaju u podini. Pravac pružanja žice je SZ — JI sa strmim padnim uglom od 60—70° u pravcu SZ. Do sada je ležište istraženo po visini od 120 m na tri razna nivoa, a po dužini od



Sl. 2 — Jugolistično rudno područje (Blagodat); poprečni profil.
Fig. 2 — South-East mineralized zone (Blagodat); cross section.

Po svojim fizičko-mehaničkim svojstvima, ruda Blagodati spada u srednje čvrste rude, jer se u rudnoj masi javljaju zdrobljene i

140—170 m. Moćnost žice je promenljiva i varira u granicama od 0,2—2 m. Ruda je oštrog ograničena od okolnih stena, srednje je

čvrstoće, ali je kompaktan. Podinski dacit je čvrst i kompaktan, a povlatni škriljci su hidrotermalno izmenjeni i trošni. Specifična težina rude varira u granicama od 3,5—3,9 t/m³.

Posmatrajući sva tri ležišta kao celinu, ukupne rudne rezerve iznose oko 600.000 tona. Radi ekonomičnosti eksplotacije, minimalni vek jednoga rudnika treba da bude najmanje 10 godina, što znači da bi godišnja proizvodnja trebalo da bude oko 60.000 tona.

Dosadašnjim istražnim radovima utvrđena je struktura i način pojave rudnih tela, ali je još nedovoljna istraženost kako u pravcu pružanja, tako i po visini i dubini. Prema tome, novim istražnim radovima, a s obzirom na povoljne geološko-strukturne prilike, može se očekivati povećanje rudnih rezervi. Radi toga, u studiji je uzeto da godišnja proizvodnja svih ležišta iznosi 70.000 tona i to:

Blagodat	50.000 tona
Bare	5.000 tona
Podvirovi	15.000 tona

Izbor otkopnih metoda

Razmatrajući montan-geološke karakteristike pojedinih rudnih tela, mogu se izvesti sledeći glavni elementi važni za izbor otkopnih metoda:

Blagodat:

- Rudna tela imaju oblik sočiva koja su više-manje pravilna sa neprekinutim kontinuitetom, kako po pružanju tako i po padu;
- Sočiva su srednje i manje veličine, moćnosti od 2—10 m;
- Padni ugao jedne grupe sočiva iznosi od 25—32°, a ostalih od 50—60°;
- Kontakti između rude i pratećih stena su jasni i oštiri;
- Ruda je srednje čvrstoće, sa umecima hidrotermalno-izmenjenih škriljaca, ali nije sklona odronjavanju na rasponima od 5—6 i više metara, što se može uočiti iz starih otvorenih otkopa i sadašnjih radova. Ruda nije sklona oksi-

daciji ni samozapaljenju, jer je prisustvo pirotina i pirita neznatno;

- Prateće stene podine i povlate su čvrste i kompaktne i ne podležu odronjavanju ni na većim rasponima.

Razmatrajući ove karakteristike ležišta Blagodat, za otkopavanje bi došle u obzir sledeće otkopne metode:

Čelno uskopno otkopavanje, za sočiva sa manjim padnim uglom od 45°.

Podetažno smerno otkopavanje, za sočiva moćnosti preko 4 m i padnim uglom preko 50°, a većim kontinuitetom po pružanju i padu.

Magazinsko smerno otkopavanje, za sočiva moćnosti do 4 m i padnim uglom preko 50°, a manjim kontinuitetom po pružanju i padu.

Bare i Podvirovi:

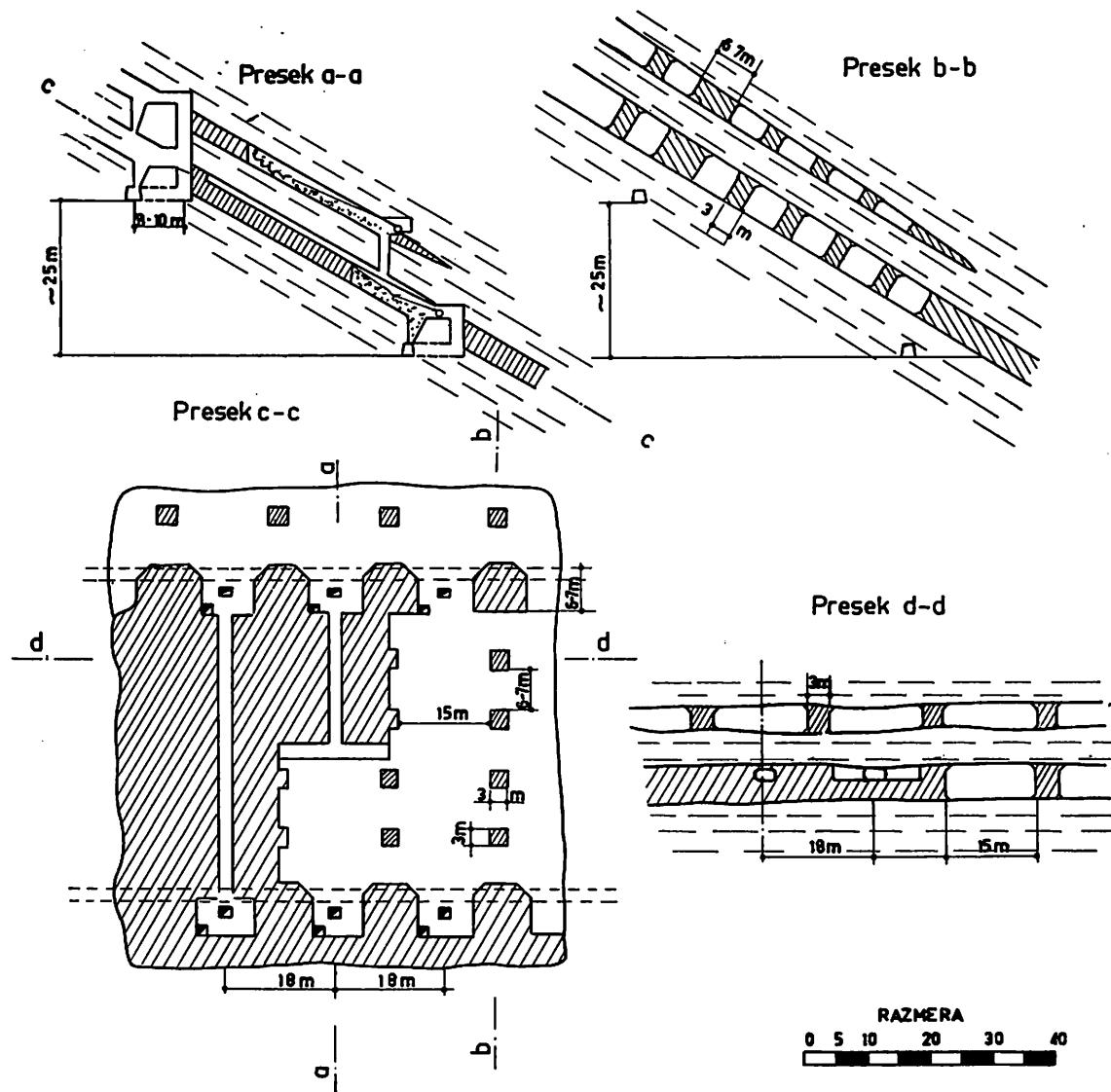
- Rudna tela Bare i Podvirovi predstavljaju usku žicu sa mestimičnim zadebljanjem do 2 m, a padnim uglom od 50—70°.
- Ležište Bare ima mekšu rudu od povlatnih i podinskih stena, koje su čvrste. Kod Podvirova ruda je srednje čvrsta i kompaktan, dok su podinske stene čvrste i kompaktne, a povlatne mekše i hidrotermalno izmenjene.
- Kod jednog i drugog ležišta granica između rude i pratećih stena je jasna i oštra.
- Kod jednog i drugog ležišta, radi male moćnosti, koja na većim dužinama ne iznosi više od 0,2—0,5 m, treba obezbediti minimalnu radnu širinu od 0,7 do 0,8 m, jer je ruda bogata korisnim metalima. Radi toga, za ova ležišta treba primeniti metodu „krovnog otkopavanja sa samozasipavanjem iz povlate“.

Opis i produktivnost otkopnih metoda

Metoda čelnog uskopnog otkopavanja. — Glavna priprema izvodi se na sledeći način: smerni hodnik treba da se radi u podini na odstojanju 8—10 m od sočiva, a zatim se na svakih 15—18 m postavljaju prečnici iz kojih se probija vertikalni

uskop do povlate. Iz ovog uskopa se zatim proširuje skreperska komora, a posle toga iz smernog hodnika probija rudna sipka, i najzad radi uskop uz povlatu do višeg horizonta. Visinska razlika između horizonata treba da

Širina otkopa kod ove metode iznosi od 10—20 m, u zavisnosti od čvrstoće povlatnih stena. Kako su povlatne stene čvrste i kompaktne, usvaja se širina otkopa od 15 m i sigurnosnih stubova od 3 m. Kad se završi



Sl. 3 — Metode čelnog uskopenog otkopavanja.
Fig. 3 — „Brest stoping method“ with regular pillars.

bude oko 25 m. Na slici broj 3 u horizontalnom preseku c-c prikazane su tri faze razvoja otkopa. Jedan otkop sa leve strane je u fazi pripreme, drugi do njega je u fazi otkopavanja, a treći je već otkopan.

skreperska komora i rudna sipka, a uskop uz povlatu odmakne nekoliko metara, postavlja se skreper, a otpucana ruda se prevlači do rudne sipke iz koje se tovari neposredno u vagonete.

Ukoliko se u povlatnom delu javlja paralelno sočivo (rudno telo B), rudna sipka će se produžiti do povlatnog rudnog tela i ono će se prethodno pripremiti; posle toga priprema se podinsko sočivo, kao što se to vidi iz crteža. Otkopavanje će početi pre u povlatnom sočivu i kad se otkopavanjem odmakne desetinu ili više metara, može se paralelno otkopavati i podinsko sočivo, ili pak posebno jedno, a zatim drugo.

Otkopavanje se izvodi tako, što se uskop proširuje levo i desno, a zatim se minskie rupe buše na dole, ili se stoji na otpucanoj rudi i minskie rupe buše ukoso na gore. Ako je moćnost sočiva manja od 3 m, uzima se cela visina od jednom od povlate do podine. Napredovanjem otkopa sigurnosni stubovi se presecaju, ostavljajući na odstojanju od 6 do 7 m manje stubove dimenzija 3×3 m, kao što je to na crtežu prikazano.

Osiguranje stropa vršiće se ankerima, dužine 2—3 m, koji će se razvrstavati u šahovskom poretku od 2—3 m odstojanja.

Bušenje minskih rupa izvodiće se bušaćim čekićima, težine 21 kg i monoblok-svrdlima sa umecima wolfram karbida, prečnika 32—34 mm. U otkopu biće zaposlena tri radnika i to: rudar, pomoćnik i skreperista. U toku smene rudar i pomoćnik mogu izbušiti oko 25 m minskih rupa i postaviti 2—3 ankera, a skreperista će potovariti svu otpucanu rudu od prethodne smene. U proseku, 1 m bušotine oboriće oko 1,2 t rude, pa će smenska proizvodnja otkopa iznositi 30 tona, a otkopni učinak 10 t na nadnicu.

Za pripremanje otkopa potrebno je prosečno izraditi 30 m hodnika i 65 m uskopa ili ukupno 95 m pripremnih radova. Kod prosečne moćnosti sočiva od 3,5 m iz jednog otkopa po odbitku 10% otkopnih gubitaka, dobiće se oko 8.600 tona rude. Faktor pripreme, prema tome, biće oko 11 mm pripremnih radova po toni rude. Dnevna proizvodnja jednog otkopa iznosi 60 tona, pa će potrebno vreme otkopavanja biti 143 radna dana, ili oko 5 1/2 (pet i po) meseci. Kako je gornji obim pripremnih radova moguće izvršiti i za kraće vreme, to se prema potrebi kapacitet otkopa može povećati.

Ulaz u otkop biće moguć preko skreperseke komore, ili preko uskopa sa višeg horizonta. Ventilacija je prirodna, jer će svaki horizont biti u neposrednoj vezi sa površinom.

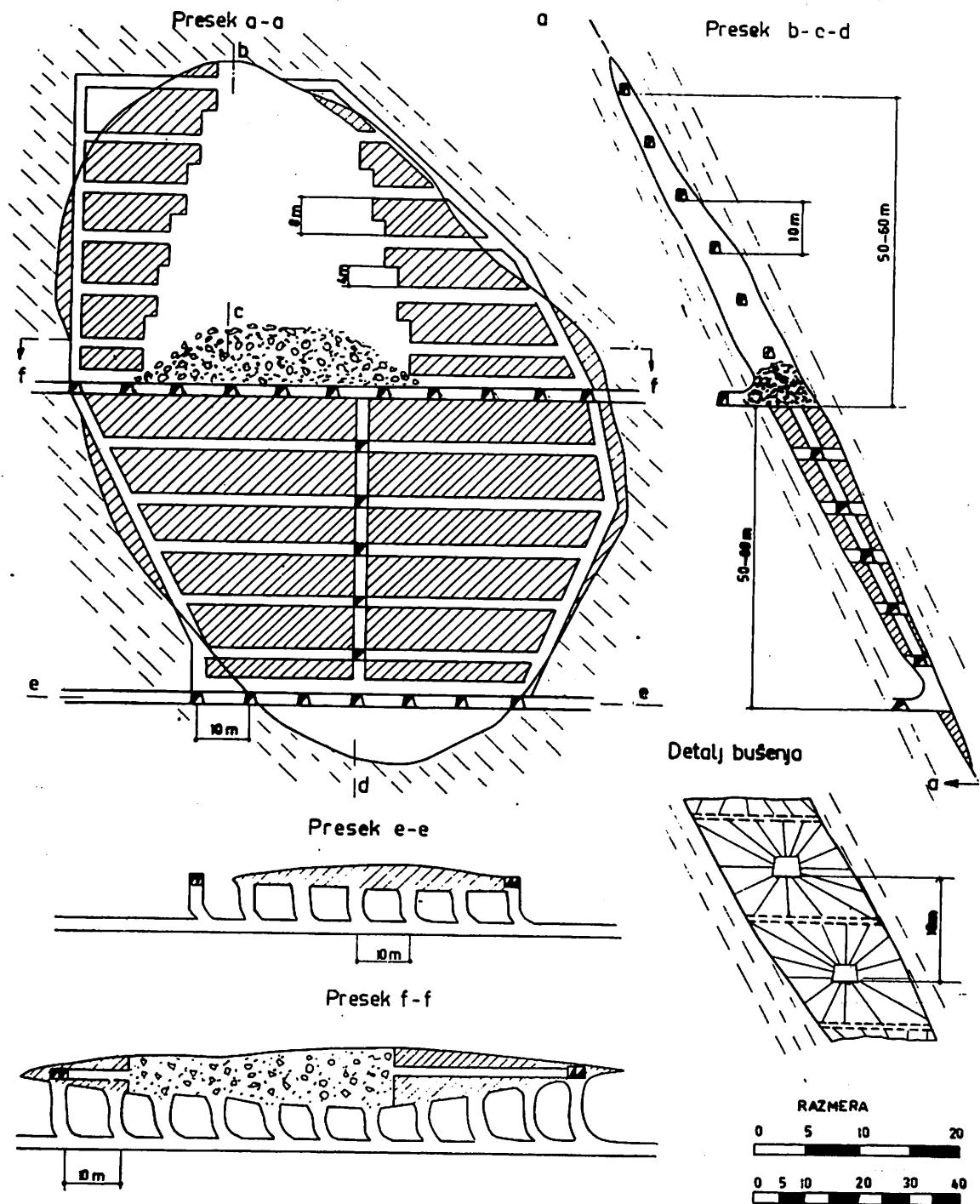
Radi održavanja konstantne proizvodnje, treba da se jedan otkop nalazi u fazi otkopavanja, a da se istovremeno drugi priprema. Kad se završi otkopavanje, pre nego se premesti skreper u susednu komoru, treba izbušiti krajnji red sigurnosnih stubova, a zatim ih masovno minirati. Otpucana ruda se skreperom prevlači do sipke i otkop se zatim napušta. Sva ruda sigurnosnih stubova ne može se dobiti, jer se radi sigurnosti jedan deo plafona do višeg horizonta mora ostaviti. Iskorišćenje u rudnoj supstanci kod ove metode iznosi preko 90%.

M e t o d a p o d e t a ž n o g o t k o p a v a n j a . — Radi pripreme otkopa potrebno je najpre izraditi izvozni hodnik u podini na odstojanju 6—8 m od sočiva. Ukoliko postoji više paralelnih sočiva kao što je slučaj sa jugoistočnim orudnjenjem, dovoljno je da se radi samo jedan hodnik, koji će služiti za ova sočiva. Posle toga se na odstojanju 8—10 m rade prečnici do povlate, zatim na odstojanju 40—50 m uskopi kroz rudu do gornjeg horizonta (visinska razlika međuhorizontata ne manja od 40—60 m) i konačno na svakih 10 m podetažni hodnici.

Kod kraćih sočiva (od 30—50 m) rade se samo dva uskopa u krajevima sočiva. Ovi uskopi služiće za prolaz i dopremu materijala u podetažne hodnike odnosno za presecanje sočiva po vertikali. Kad se završi priprema, pristupa se horizontalnom podsecanju i vertikalnom presecanju sočiva radi dobijanja slobodnih površina. Na slici broj 4 prikazana je glavna priprema na nižem horizontu, a otkopavanje na višem horizontu.

Horizontalno podsecanje sočiva vrši se iz prečnika u visini od oko 5 m, a vertikalno presecanje iz uskopa. Posle toga počinje faza otkopavanja, koja se sastoji u bušenju i miniranju venaca lepezastih bušotina iz podetažnih hodnika. Iz svakog podetažnog hodnika venci se buše na odstojanju od 0,8—1 m jedan od drugoga. Miniranje se vrši postupno od niže ka višoj podetaži, a prema potrebi proizvodnje. Radi sigurnosti, potrebno je uvek unapred izbušiti nekoliko redova venaca.

Bušenje se vrši stubnim bušaćim čekićima sa svrdlima koja se nastavljaju i krunicama sa umecima wolfram karbida, prečnika 45—50 mm. Za vreme bušenja rudari treba da su privezani. Na bušenju rade: rudar i pomoćnik, koji u toku smene mogu izbušiti



Sl. 4 — Metoda podetažnog otkopavanja.
Fig. 4 — „Sub-level stoping method”.

čko 30 m bušotina, a što odgovara približno jednom vencu sočiva moćnosti oko 5—6 m. Miniranjem jednoga venca dobiće se oko 80 tona rude, tako da će otkopni učinak biti 40 tona/nadnicu. Ventilacija će biti prirodna i dobra.

Utovar rude vršiće se iz prečnika uto-varnom lopatom manjeg tipa neposredno u vagonete, koji će se odvoziti do izvoznog hodnika. Kapacitet lopate iznosiće u proseku 50—60 t u smeni.

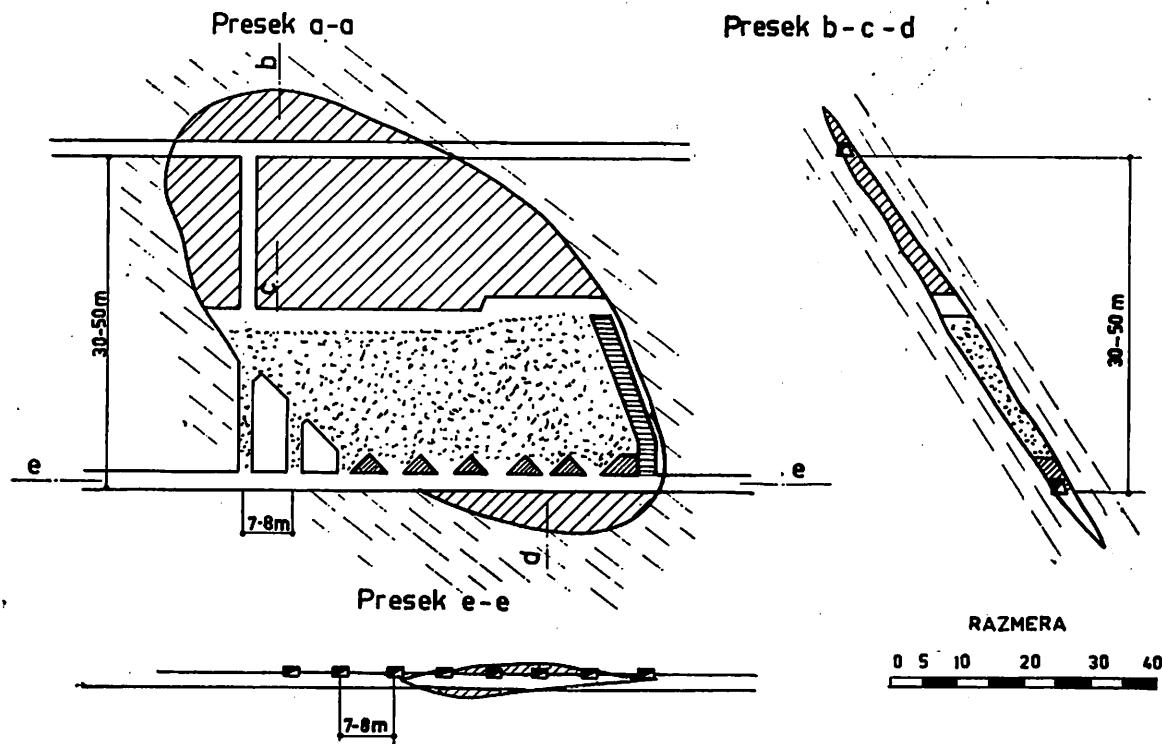
U rudnom sočivu, kao što je na slici broj 4 prikazano, ukupne rudne rezerve po od-bitku otkopnih gubitaka iznose oko 120.000 tona. Za pripremanje toga sočiva u oba horizonta potrebno je izraditi 1.400 m hodnika i 400 m uskopa. Faktor pripreme, prema tome, iznosiće 15 mm na tonu rude. Kod manjih sočiva taj faktor iznosiće i do 20 mm po toni rude. Dnevna proizvodnja jednog otkopa, sa radom u dve smene, iznosiće 160 t. Količina rude u višem i nižem horizontu približno je ista, a isto tako i obim pripremних radova. Vreme potrebno za otkopavanje jed-

nog otkopa iznosi 375 radnih dana ili oko 15 meseci. Pripremni radovi mogu se završiti i za kraće vreme, pa se prema potrebi kapacitet otkopavanja može povećati.

Kod ove otkopne metode pripremni radovi dosta su obimni, ali su zato s druge strane učinci visoki, a iskorišćenje sústance isto tako (oko 90%), jer su sočiva manjih dimenzija i nema potrebe za postavljanjem sigurnosnih stubova i plafona. Jedino kod dužih sočiva preko 100 ili više metara treba ostavljati stubove i plafone, ali se isti naknadno, po završetku otkopavanja, mogu ma-sovno minirati.

M a g a z i n s k a o t k o p n a m e t o d a . — Ova metoda primenjuje se samo za manja sočiva, koja nemaju veliki kontinuitet ni po pružanju ni po padu, radi čega će se ova sočiva zahvatiti jednom otkopnom visinom, koja može da bude i do 50 m.

Na slici broj 5 data je šema pripreme i otkopavanja po ovoj metodi. Kao što se iz sl. 5 vidi, izvozni hodnik radi se u rudi. Radi ventilacije, na kraju sočiva radi se uskop do



Sl. 5 — Šema pripreme i otkopavanja po magazinskoj otkopnoj metodi.
Fig. 5 — „Shrinkage method”.

višeg horizonta, a na drugom kraju napredovanjem otkopa naviše, podizati se prolazno odjeljenje u drvenoj podgradi. Iznad izvoznog hodnika, na oko 3—4 m, izrađivaće se otkopni hodnik preko cele širine sočiva, a zatim će se iz nižeg hodnika na odstojanju od 7—8 m, probijati rudne sipke, koje se u gornjem delu proširuju u obliku levka. Kad se završi priprema, počinje otkopavanje. Miniske rupe se buše u stropu ukoso, pod nagibom od oko 80° , dužine do 2 m, a miniranje se vrši po potrebi. Na otkopu će raditi rudar i pomoćnik i to na bušenju, nastavljanju sipke i po potrebi na osiguranju otkopa (bokova ankerima). Prosečni učinak na bušenju iznosiće 25 m, a kako 1 m bušotine u prosjeku daje 1,2 tone rude, otkopni učinak biće 15 tona/nadnicu.

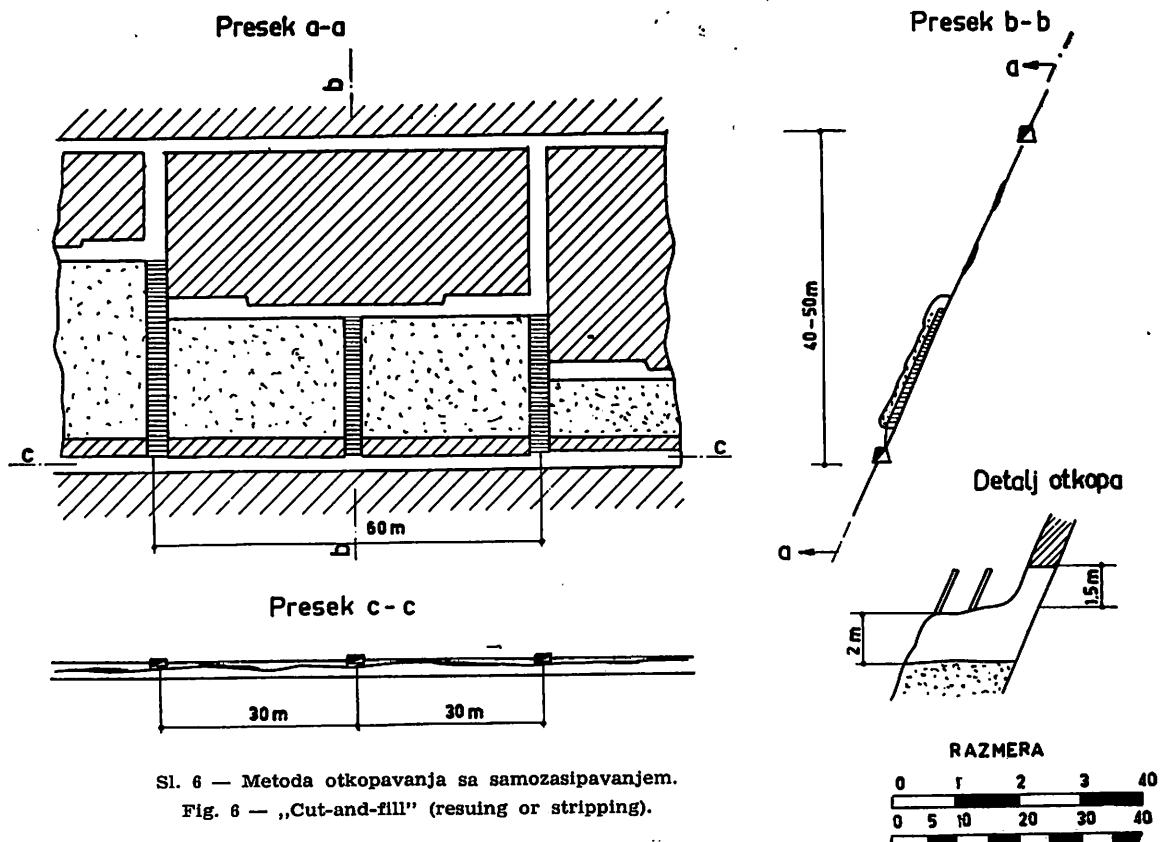
Od otpucane rude samo se oko 30% može izvlačiti, a ostatak po završetku otkopavanja celog sočiva. Iskorišćenje rudne supstance biće oko 95%.

U jednom prosečnom sočivu srednje veličine, koje će se otkopavati po ovoj metodi,

kao što je na slici broj 5 prikazano, potrebno je izraditi oko 80 m hodnika i 80 m uskopa. U tome sočivu po odbitku otkopnih gubitaka, rudne rezerve iznose oko 17.700 tona rude. Faktor pripreme, prema tome, biće 9 mm na 1 tonu rude. Potrebno vreme otkopavanja jednog otkopa pri prosečnoj dnevnoj proizvodnji od 60 tona, biće 300 radnih dana ili približno 12 meseci. Produktivnost otkopa u fazi otkopavanja biće manja, a u fazi izvlačenja rude iz otkopa može se regulisati prema potrebi.

Sve pomenute metode daju visoku produktivnost i za obezbeđenje proizvodnje od 170 tona na dan, koliko treba da daje ležište Blagodat, dovoljno da u radu budu 2—3 otkopa, a isto toliko i u pripremi.

Metoda krovnog otkopavanja sa zasipavanjem iz povlate (metoda samozasipavanja). — Pripremni radovi za ovu metodu sastoje se u tome, što se iz istražnog hodnika, koji je pratio žicu po pruzanju, na svakih 60 m rade uskopi do gornjega horizonta. Horizont se nalazi na visini



od 40—50 m. Uskopi treba da imaju dvaodeljenja i to za prolaz ljudi i odeljenje za snabdevanje materijalom. Iz ovih uskopa, na visini od 3—4 m iznad stropa hodnika, izrađuje se otkopni hodnik širine 1,8 i visine 2 m. Na sredini između oba uskopa, tj. na 30 m probija se sipka za rudu, koja će se dočnije napredovanjem otkopa na više, nastavljati uz podinski bok, bilo u drvenoj podgradi ili iz segmenata čeličnog lima debljine 5 mm i prečnika 600 mm.

Otkopavanje počinje od prolaznog odeljenja ka rudnoj sipki. Ukoliko je ruda meša, a povlatni bok tvrdi, najpre se otpucava ruda, a zatim povlatni bok i oborena jalovina se poravnava. Obratno, ako je ruda tvrda, a jalovi bok meši, prvo se obara jalovina iz povlatnog boka i kad se ona poravna, obara se ruda. Budući da je ruda bogata metalom (od 16 — više od 20%), na patos se, za vreme obaranja rude, postavljaju hrastove daske debljine 5 cm. Radna visina otkopa je 2-m, a visina obaranja rude i jalovine 1,5 m, tako da je maksimalna visina otkopa 3,5 m. Ruda se do sipke prevlači malim skreperskim vitiom na komprimiran vazduh, ili se pak tovari u ručna kolica i po daskama prevozi do sipke. Rad se tako organizuje, da se s jedne strane sipke vrši bušenje i otpucavanje rude, a sa druge strane obara jalovina za zasip, kao što je to prikazano na slici 6.

U otkopu rade dva rudara i jedan pomoćnik, ukoliko se ruda prevlači skreperom, a dva pomoćnika, ako se ruda ručno prevozi do sipke. Dok jedan rudar buši na rudi, drugi buši u povlatnom boku. Bušotine za rudu i jalovinu buše se ukoso pod uglom od 80° u šahovskom poretku, dubine oko 1,5 m.

Kako je širina žice mala i u proseku iznosi oko 0,5 m, u jednom redu se buše dve, a u drugom jedna bušotina na odstojanju od 0,5 m, što znači da će na jedan kvadratni metar površine biti potrebno 6 bušotina ukupne dužine 9 m. S obzirom da 1 m² površine i visine 1,5 m daje oko 1,5 m³ rude ili 5,4 tona, to će 1 m bušotine dati u proseku 0,6 tona rude. Na jalovini učinak će po 1 m bušotine biti veći, jer je pojas jalovine koji treba obarati širi.

Količina jalovine, koju treba oboriti iz povlatnog boka (za zasipanje otkopanog prostora same žice i prostora koji zauzima sama bočna jalovina u čvrstom stanju) zavisi od faktora rastresitosti jalovine i širine žice.

Označimo sa:

$$V_r = \text{prostor koji zauzima ruda u čvrstom stanju}$$

$$V_j = \text{prostor koji zauzima jalovina u boku u čvrstom stanju}$$

$$f = \text{faktor rastresitosti jalovine} = 1,3$$

$$a = \text{širina žice}$$

$$b = \text{širina jalovog pojasa}$$

$$h = \text{visina odseka obaranja} = 1,5 \text{ m}$$

$$d = \text{dužina odseka obaranja} = 1 \text{ m}$$

$$B = \text{širina otkopa posle obaranja jalovine}$$

Zapremina oborene rude u čvrstom stanju biće:

$$V_r = a \times h \times d$$

Zapremina jalovine koju treba oboriti u čvrstom stanju biće:

$$V_j = b \times h \times d$$

Zapremina jalovine posle obaranja, tj. u rastresitom stanju, koja treba da popuni prostor koji je zauzimala čvrsta ruda, kao i prostor koji je zauzimala jalovina u čvrstom stanju, biće:

$$V_j \times f = V_r + V_j$$

$$V_j (f - 1) = V_r$$

$$V_j = \frac{1}{f-1} V_r \quad (1)$$

ako u jednačini (1) zamenimo odgovarajuće vrednosti za V_j i V_r , dobijemo da je:

$$b \times h \times d = \frac{a \times h \times d}{f-1}$$

odakle je širina jalovine

$$b = \frac{1}{f-1} \times a \quad (2)$$

a širina otkopa

$$\begin{aligned} B &= a + b = a + \frac{1}{f-1} \times a = \\ &= a \times \left(1 + \frac{1}{f-1}\right) = \frac{f}{f-1} \times a \end{aligned} \quad (3)$$

Ukoliko je faktor rastresitosti veći, utočiće će širina otkopa biti manja i obratno, a s druge strane — to je zavisno od širine žice. Kako je faktor rastresitosti više-manje konstantna vrednost za određenu vrstu materijala i pri običnom načinu miniranja, možemo uvek odrediti kolika se širina materijala mora otpucavati kod izvesne širine žice. U toku otkopavanja naviše, oborena jalovina će se sve više zbijati, pa će postepeno količina

jalovine u višim etažama biti veća, nego teoretski dobivena količina za određenu širinu žice. Radi srazmerno male širine žice, ovo povećanje neće imati nekog značajnog uticaja na povećanje širine otkopa.

Ako uzmemo da je faktor rastresitosti 1,3, onda će širina jalovog pojasa biti:

$$b = 3 \cdot 33 \text{ a i } B = 4 \cdot 33 \text{ a}$$

Da se proizvede jedna tona rude, potrebno je oboriti odgovarajuću količinu jalovine. Kako je specifična težina rude 3.4 t/m^3 , zapremina jedne tone biće $0,294 \text{ m}^3$. Ako ovu vrednost zamenimo u jednačini 1, pri faktoru rastresitosti 1,3, dobićemo da nam je za jednu tonu rude potrebno:

$$V_j = \frac{V_r}{f - 1} = \frac{0,294}{0,3} = 0,98 \text{ m}^3$$

ili približno 1 m^3 jalovine.

Kako je širina jalovog pojasa, koji treba obarati, jednaka 3,33 širine rudnog pojasa, gustina minskih bušotina za jalovinu biće manja nego za rudu. Kod istog načina otpucavanja u šahovskom poretku odstojanje među bušotinama biće 0,8 m, a redovi bušotina bušiće se na 0,6 m. Kod prosečne širine žice od 0,5 m, širina jalovog pojasa, koji treba obarati, biće 1,66 m. U jednom redu buše se tri, a u drugom redu dve bušotine, dužine 1,5 m. Prema tome, 1 m bušotine oboriće $0,4 \text{ m}^3$ jalovine.

Dva rudara, koji rade na bušenju, u toku smene izbušiće ukupno 60 m bušotine i to 24 u rudi i 36 u jalovini. Kako nam 1 m bušotine u rudi daje 0,6 tona rude, a u jalovini 0,4 m^3 zasipa, to ćemo u jednoj smeni dobiti:

- rude $0,6 \times 24 = 14,4 \text{ tona}$
- jalovine $0,4 \times 36 = 14,4 \text{ m}^3$ za zasip,

što odgovara dobivenom odnosu.

Otkopni učinak kod prevlačenja rude skreperom biće:

$$\frac{14}{3} = 4,66 \text{ t/nad.}$$

a kod ručnog prevoza rude:

$$\frac{14}{4} = 3,5 \text{ t/nad.}$$

Minimalna radna širina otkopa B treba da bude od 0,7—0,8 m, ukoliko se ne vrši podgrađivanje, što neće biti slučaj ni za ležište Bare ni Podvirovi. U tom slučaju, naj-

manja širina žice koju još možemo otkopavati, biće:

$$— \text{ako je } B = 0,8 \text{ a } a = \frac{B}{4,33} = 0,18 \text{ m}$$

$$— \text{ako je } B = 0,7 \text{ a } a = \frac{B}{4,33} = 0,16 \text{ m}$$

Ovako tanka žica po ovoj metodi može se još ekonomski otkopavati, jer je sadržaj metalata dosta visok. Postoji mogućnost da i još tanju žicu otkopavamo. U tom slučaju postojao bi višak jalovog materijala, koji se mora odvoziti sa otkopa, ili pak dovući do onog dela, gde je žica šira. Ova proširenja i suženja javljaju se kod ležišta Bare i Podvirovi.

Radi male moćnosti žice, prilikom miniranja rude, odvaljivaće se i izvesne partie jalovine iz bokova. Usled toga, dolaziće do razblaživanja rude. Ukoliko je žila uža, utoliko će razblaživanje biti veće i obratno. To razblaživanje, u proseku, neće biti veće od 10%.

Za pripremanje jednog otkopa potrebno je ukupno izraditi oko 60 m hodnika i 50 m uskopa. Rudne rezerve jednog otkopa, sa visinskom razlikom od 50 m, međuhorizontima i prosečnom moćnošću žice 0,5 m, iznose oko 5.400 tona. Faktor pripreme biće oko 20 mm na tonu rude. To je vrlo visok faktor pripreme, što je i razumljivo, s obzirom na malu moćnost žice. Kod dnevne proizvodnje od 28 tona, vreme otkopavanja jednog otkopa iznosiće 192 radna dana ili okruglo 7,5 meseci. Potrebno vreme pripreme može da bude kraće, ali kako je intenzivnost otkopavanja vrlo visoka, veća produktivnost teško bi se mogla postići.

Za obezbeđenje godišnje proizvodnje od 5.000 tona iz ležišta Bare, biće dovoljno da u radu bude jedan otkop, a jedan u pripremi i to sa radom u jednoj smeni. Za ležište Podvirovi, čija će godišnja proizvodnja biti 15.000 tona, biće potrebno da rade dva otkopa u dve smene i dva da budu u pripremi, ali sa manjim brojem dana u godini.

Zaključak

Do sada utvrđene rudne rezerve ležišta Blagodat — Bare i Podvirovi sa godišnjom proizvodnjom od oko 70.000 tona obezbeđuju vek eksploatacije ležišta od 10 godina, pa i pored toga predstavljaju ekonomski vrlo ren-

tabilan objekat. To omogućuju prirodni uslovi ležišta, tj. visoki sadržaj metala u rudbi, zaledanje ležišta i povoljne fizičko-mehaničke osobine rude i pratećih stena, radi čega je omogućena primena visokoproduktivnih otkopnih metoda.

Kod svih opisanih otkopnih metoda produktivnost se prema potrebi može povećati, što je zavisno od daljeg povećanja rudnih rezervi.

S obzirom na malu proizvodnju, a visoku produktivnost otkopnih metoda, moguće je izvršiti koncentraciju proizvodnje na srazmerno malom sektoru. Koncentracijom proizvodnje i ostali jamski troškovi i režija (nadzor, održavanje, transport i drugo) biće niži.

Radi definitivne odluke o primeni pojedinih otkopnih metoda za razna rudna sočiva,

potrebno je više podataka o načinu zaledanja sočiva po padu. Isto tako, fizičko mehaničke osobine rude i pratećih stena treba i laboratorijski ispitati, jer zaključci o tim osobinama baziraju na terenskim zapažanjima, iskustvu i uporednim podacima.

S obzirom na povoljne geološko-strukturne uslove, proširenjem istražnih radova postoji mogućnost povećanja rudnih rezervi, tim i povećanja buduće proizvodnje, što će imati uticaja na još ekonomičnije poslovanje.

Dosadašnjim istražnim radovima upoznata je, uglavnom, struktura i način zaledanja rudnih tela. Radi toga, nove istražne radove treba prilagoditi budućim eksploracionim radovima iskazanim u studiji, čime će se smanjiti troškovi otvaranja i pripremanja ležišta.

SUMMARY

Study on the mining methods of the ore deposits Blagodat — Bare and Podvirovi

Prof. B. Gluščević, (Min. Eng.*)

The Blagodat — Bare and Podvirovi ore deposits are located in the south-eastern part of Yugoslavia, in the vicinity of Bosilj grad, belonging to the Rhodopean ore district. Genetically these ore deposits are connected with intrusions of granodiorite and dacite.

The Blagodat ore bodies are in the form of medium and smaller lenses appearing in very strong, tough and silicified crystalline schists. Some of the lenses have a dipping angle from 25—32°, while some of them 50—60°.

The Bare ore body is located about 600 m. north-east from Blagodat and belongs to a separate mineralisation zone. The ore body is in the form of a thin vein with occasional thickenings appearing in strong silicified crystalline schists. The thickness of the vein ranges from 0.3 to 1.6 m. dipping steeply under an angle of 50—60°.

The Podvirovi ore deposit lies in a distance of 60 km. by road from Blagodat, is also of a vein type and appears in contact of crystalline schists and dacite. The schist in the hanging wall is hydrothermally changed and soft, while the dacite in the footwall is strong and tough. The vein dips under an angle of 60—70°, while thickness ranges from 0.2—2 m. All three ore deposits for the economical point of view are taken as a unit.

The ore deposits are not sufficiently explored and the so far ore reserves ensure exploitation for 10 years, with an annual production of approximately 70,000 tons.

The ore of the Blagodat and Bare districts assay: 16—18% Pb + Zn, while that of Podvirovi approx. 20% Pb + Zn and 2—3% Cu.

In view of the high metal content a possibility was investigated for the exploitation of these ore deposits for which purpose a technical and economic study was prepared. According to the Study, in spite of the unfavourable geographical position, heavy

* Prof. ing. Branko Gluščević,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

terrain conditions and still insufficient ore reserves, the ore deposits can be exploited economically.

Part of the Study is devoted to the mining methods to be chosen.

On basis of the geological characteristics and physico-mechanical properties of the ore and adjacent rocks, the following mining methods have been chosen:

For lenses up to a dip of 45°, the method of "breast stoping" with regular pillars. The ore is handled by scraper to the chute. The average stope efficiency of 10 tons per man/shift is foreseen.

For lenses with a dip angle of over 50° and thickness over 4 m. the "sub-level stoping" method has been chosen. The ore is loaded by mechanical loaders from cross-cuts. The stope efficiency of 40 tons per man/shift is expected.

For lenses of a steep dip of over 50° and thickness less than 4 m. the "shrinkage method" has been chosen. The average efficiency of 15 tons per man/shift is foreseen.

For thin veins of the Bare and Podvirovi ore deposits the "cut and fill" mining method (resuing or stripping) has been chosen, where the filling is produced from hanging wall. The ore is scraped directly to the chute, or transported by wheelbars. The efficiency of this mining method when manually transported is 3.5 respectively 4.6 tons per man/shift.

This part of the Study describes methods, ratio of development work to ore obtained from the stopes, as well as other technical data with sketches of each method.

The Study finally gives a conclusion and recommendations what should be undertaken before bringing a final decision on the choice of mining methods.

Literatura

- Agaškov, M. I., Muhić, M. E., Nazarček, A. F., Mamsurov, L. A., Rašienko, D. I., 1960: Sistemy razrabotki žilnyh mestoroždenij. — Moskva.
- Ergoljev, A. E., Jurkov, V. N., Osipov, A. V., Zerjanov, T. P., 1961: Sistemy razrabotki rudnyh mestoroždenij maloj i srednej moščnosti. — Alma-Ata.
- Gluščević, B., 1948: Podzemne metode otkopavanja neslojevitih ležišta. — Beograd.
- Gluščević, B., 1954: Podzemne otkopne metode i primena savremenih mehaničkih sredstava u metalnim rudnicima Svedske i Zapadne Njemačke. — Trepča.
- Peel, R., 1956: Mining Engineers Hand Book. — New York.
- Rudarski institut, Beograd, 1962: Tehničko ekonomička studija eksploatacije ležišta Blagodat — Bare i Podvirovi.



Cementacija šupljikavih vodonosnih terena u cilju zatvaranja vode kod izrade rudarskih okana

(sa 19 slika)

Ing. Momčilo Simonović

Izgradnja rudarskih okana izvodi se često u vrlo složenim i teškim hidrogeološkim uslovima, pri čemu borba sa podzemnom vodom čini najveće teškoće.

Smatra se, da dotok podzemne vode u okno ako je manji od $15 \text{ m}^3/\text{h}$ ne predstavlja naročite teškoće, jer se može pumpati, dok dotoci veći od $15 \text{ m}^3/\text{h}$ zahtevaju specijalne drenaže, specijalna zatvaranja itd. ako se želi da ostvari normalno napredovanje radova. Optima je u praksi dokazano da se već pri dotocima vode većim od $6 \text{ m}^3/\text{h}$, brzina napredovanja radova — dubljenja okna — smanjuje vrlo progresivno, dok u isto vreme troškovi dubljenja bivaju za nekoliko puta veći.

Izrada okna u takvim uslovima tj. pri velikim dotocima podzemne vode vrši se primenom specijalnih metoda, kojima se zatvara podzemna voda ili se dotok podzemne vode u okno svodi na minimum pri kome je moguće izvoditi radove. Jedna od tih specijalnih metoda je tamponaža tj. zapunjavanje šupljina i pora u stenama pomoću cementa, gline ili bitumena.

Najrasprostranjeniji i najviše primenjivan vid tamponaže je cementacija. Pri cementaciji šupljine i pore u stenama se zapunjavaju, kroz specijalno za tu svrhu izbušene bušotine, cementnim rastvorom određene koncentracije pod pritiskom. Posle izvesnog vremena po ubrizgavanju cementnog rastvora u pore i šupljine, cement se stvrd-

njava i stena postaje monolitnija i manje vodopropustljiva.

Razlikujemo, uglavnom, dva načina metoda cementacije i to tzv. prethodnu i naknadnu cementaciju. Prethodna cementacija se izvodi pre napredovanja radova, na taj način što se oko poprečnog profila okna u krug buši niz cementacionih — injekcionih bušotina, kroz koje se vrši injektiranje — ubrizgavanje cementnog rastvora određene specifične težine. Posle stvrđnjavanja cementnog rastvora obrazuje se cilindrični vodonepropustljiv masiv, kroz koji se zatim dubi okno, bez ikakvog pritoka ili pak sa malim pritiskom vode. Metod prethodne cementacije široko je rasprostranjen i vrlo često primenjivan naročito kod izrade vertikalnih rudarskih okana, a ređe pri izradi horizontalnih ili širokih hodnika. Ova metoda je prvi put bila primenjena 1864. godine u Francuskoj. Tada nije cementni rastvor utiskivan pod pritiskom u bušotine, već je samo nalivan, dok je prva cementacija pod pritiskom takođe izvršena u Francuskoj 14 godina kasnije tj. 1878. godine.

Prethodna cementacija, uglavnom, se vrši na tri načina, i to: kroz bušotine izbušene sa zemljine površine, kroz bušotine izbušene sa dna okna i kroz bušotine izbušene sa površine i sa dna okna (kombinovani metod).

Naknadna cementacija se vrši posle izvedenih — izgrađenih rudarskih objekata, a u cilju smanjenja dotoka vode, stabilizacije terena itd.

Koji će se način — metod i u kome slučaju primeniti određuje se na osnovu tehničkih i ekonomskih pokazatelja.

Metod cementacije daje najbolji efekt u ispucanom i šupljikavom (permeabilnom) materijalu — stenama kao što su, na primer, peščari, glinasti i peskoviti laporci, ispucane magmatske stene itd. Peščano-šljunkovite sedimente takođe je moguće vrlo uspešno ce-

da cementni rastvor u šljunkovitom materijalu prodire na rastojanje veće od 1 m pri pritisku od samo 0,5 atū, ako su zrna veća od 2—3 mm. Sa smanjenjem zrna šljunka i povećanjem u njemu sitnih zrnaca peska, gline i mulja, radius rasprostiranja cementnog rastvora se znatno smanjuje. Povećanjem pritiska pri ubrizgavanju cementnog rastvora u takvim slučajevima ne postiže se cilj, već je jedini pravilan put smanjiti rastojanje između cementacionih bušotina.

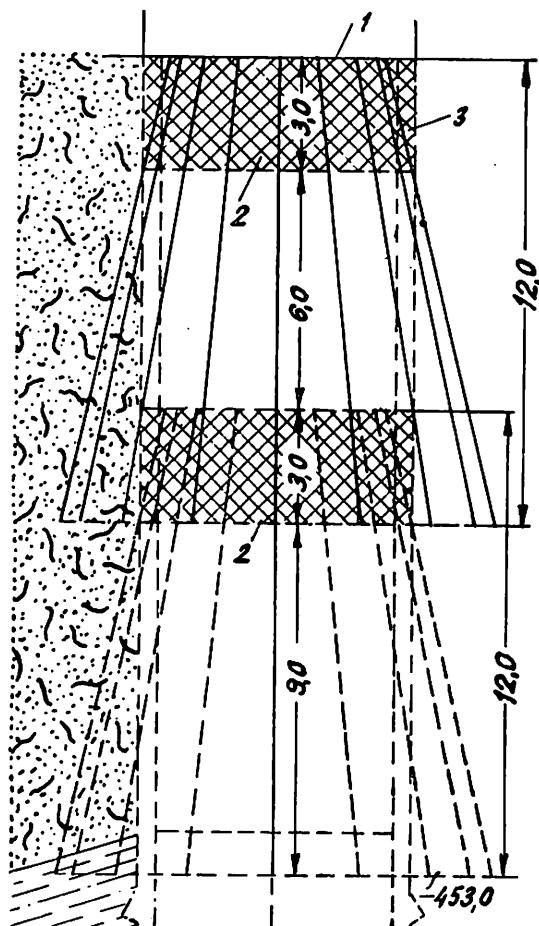
Cementaciju, bez prethodne hemijske obrade cementnog rastvora, nije moguće primeniti kod sitnozrnih nevezanih materijala, kao što su sitnozrni peskovi, mulj ili glina. Kod takvih materijala čestice cementa iz rastvora ne prodiru daleko, jer odfiltriraju vodu i sprečavaju prolazak sledećoj čestici.

Praktični predeo do koga se primenjuje cementacija su šupljine prečnika većeg od 0,15 do 0,20 mm.

Cementni rastvor prolazi — teče kroz šupljine kao i voda, sa brzinom proticanja koja zavisi od pritiska pod kojim se utiskuje. U određenom momentu, kada se brzina proticanja smanji do određene vrednosti, cement iz rastvora se taloži i zapunjava šupljine. Dužina do koje će prodati cementni rastvor biće tim veća, što su veće šupljine u steni, veći pritisak utiskivanja i ukoliko je manja koncentracija cementa u cementnom mleku — rastvoru.

Na uslove vezivanja i stvrđnjavanja cementa u šupljinama stena nesumnjivo utiče i stanje u kome se nalazi podzemna voda tj. da li je u stanju mirovanja ili u strujanju. Smatra se da je cementacija moguća, ako brzina strujanja podzemne vode nije veća od 200 metara na dan. Po nekim autorima cementacija je izvodljiva i pri brzini strujanja podzemne vode do 600 m/dan. Ovo pitanje do danas nije potpuno razjašnjeno.

Za pravilno izvršenje cementacionih radova neophodno je potrebno poznavati oblik i veličinu šupljina u terenu kroz koje prolazi voda, a takođe i stepen zapunjenoosti ovih šupljina drugim materijalom. U tu svrhu se vrše prethodna ispitivanja stena koje će se cementirati. Jedno od najvažnijih ispitivanja je svakako određivanje vodopropusnosti stena. Ovo ispitivanje se vrši komprimiranim vazduhom ili čistom vodom. Ispitivanje pomoću komprimiranog vazduha se ređe primenjuje, dok su ispitivanja čistom vodom vrlo često primenjena.

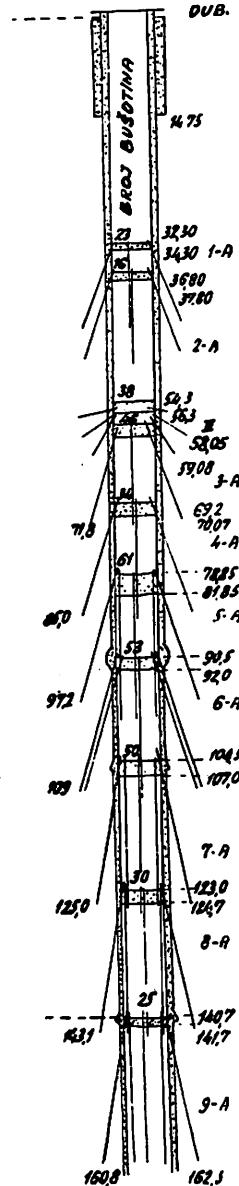


Sl. 1 — Cementacija vodonosne zone sa dna okna uz ostavljanje cementirane sigurnosne zone za novu cementaciju.

Fig. 1 — The cementation of water zone on the shaft bottom left for cemented safety zone and a new cementation.

mentirati, ako imaju prečnik zrna veći od 2 mm i ako su im pore slobodne od glinastih zrnaca. Što god su manja zrna materijala, tim je manji predeo — radius rasprostiranja cementnog rastvora u steni. Praksa je pokazala

Ispitivanje propustljivosti stena čistom vodom vrši se pomoću uređaja koji se primenjuju i za utiskivanje cementnog rastvora u buštinu. Predeo koji treba cementirati tj.



Sl. 2 — Cementacija sa dnu okna uz prethodnu izradu cementnog cepa.

Fig. 2 — The cementation from the bottom of the shaft with a preliminary made cement-socket.

u ovom slučaju prvo ispitati, ako je veće moćnosti, deli se na zone moćnosti 5 do 10 ili čak i do 20 metara. Zona koja se ispituje odvaja se od ostalih zona tamponom — pake-

rom. U svaku od zona utiskuje se čista voda pri različitim pritiscima. Gubitak vode Q , izražen u l/min , sveden na pritisak od 1 metar vodenog stuba i na jedan metar moćnosti zone, naziva se specifičnom vodozasićenošću te zone.

Specifična vodozasićenost se određuje po obrascu:

$$q = \frac{Q}{H \cdot h_1} \quad (l/min \cdot m \cdot m)$$

gde su:

Q — gubitak vode u segmentu koji se ispituje u l/min .

H — pritisak pod kojim se voda utiskuje u zonu koja se ispituje u m. V. S.

h_1 — moćnost — debljina zone koja se ispituje u m.

Specifična vodozasićenost je u stvari direktna karakteristika stepena vodopropustljivosti stena na intervalu koji se ispituje.

Pri ispitivanju specifične vodozasićenosti stena uvek treba uzimati istu visinu (dubinu) intervala — zone koje se pojedinačno ispituju. U svaku od zona se vrši utiskivanje vode pod tri različita pritiska, npr: $H + 10$ m; $H + 15$ m i $H + 20$ m, gde je H — hidrostatički pritisak vode u ispitivanoj zoni u m. V. S. Ako ispitivane zone imaju znatnu vodopropusnost, pri kojoj se ne može postići željeni pritisak, onda se ispitivanje vrši sa manjim pritiscima.

Pritisak vode H_1 na dnu ispitivane zone sastoji se iz sledećih veličina:

1. pritisaka (h_1) koji se čita na manometru pumpe ili injektora u atm.
2. pritisaka (h_2) hidrostatičkog stuba vode od usta bušotine do manometra u m. V. S.
3. pritisaka (h_3) hidrostatičkog stuba vode od usta bušotine do statičkog nivoa podzemne vode u bušтинu u m. V. S. i
4. gubitka pritisaka (h_4) na savlađivanje hidrauličkih otpora od pumpe ka šupljinama stene u m. V. S.

Ako ovo izrazimo jednačinom, onda je:

$$H_1 = 10,33 h_1 + h_2 + h_3 - h_4$$

Veličina h_4 tj. gubitak pritisaka pri kretanju vode kroz cevovode i buštinu, sastoji se iz gubitaka pritisaka usled trenja u pravom delu cevovoda i iz gubitaka pritisaka koji na-

staju u armaturama, kolenima, T komadima itd.:

$$h_4 = \Delta h' + \Delta h''$$

gde su:

$\Delta h'$ — gubitak pritiska u pravom delu cevovoda u m. V. S.

$\Delta h''$ — gubitak pritiska u armaturama, kolenima, T komadima itd. u m. V. S.

Veličinu $\Delta h'$ tj. gubitak pritiska pri kretnju vode kroz pravi deo cevovoda određujemo pomoću sledećeg osnovnog obrasca:

$$\Delta h' = \lambda \cdot \frac{1 \cdot c^2}{d \cdot 2g} \text{ (m. V. S.)}$$

Ako stavimo u gornju jednačinu za

$$c = \frac{Q}{\frac{d^2 \cdot \pi}{4}} \text{ (m/sec)}$$

za $g = 9,81 \text{ m/sec}^2$ i za $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$ dobijamo uprošćeniji obrazac:

$$\Delta h' = 83 \cdot \lambda \cdot Q^2 \frac{1}{d} \text{ (m. V. S.)}$$

gde su:

$\Delta h'$ — gubitak pritiska u pravom delu cevovoda u mm. V. S.

λ — koeficijent trenja cevovoda

l — dužina cevovoda u m

d — prečnik cevovoda u m

c — brzina strujanja u m/sec

Q — protok u m^3/sec .

Koefficijent trenja λ je funkcija Rejnoldsovog broja i zavisi od brzine strujanja tečnosti u cevovodu, viskoziteta tečnosti, prečnika i obrade cevi (unutrašnje).

Obzirom da se najčešće sreće laminarno strujanje, to je za ovu vrstu strujanja

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

gde je Re — Rejnoldsov broj uz uslov da je $Re < 2320$.

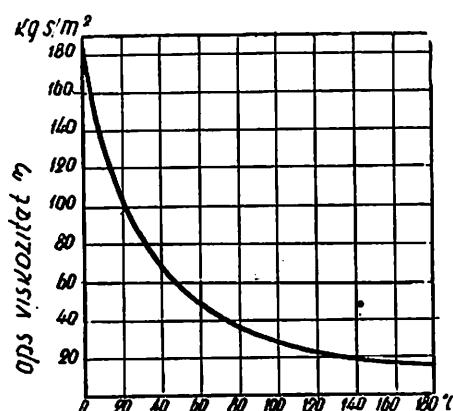
Dakle, u ovom slučaju koeficijent trenja ne zavisi od kvaliteta zidova cevi, jer je brzina strujanja na zidu cevi $c = 0$.

Ako ovo stavimo u osnovnu jednačinu, onda će biti:

$$\Delta h' = \frac{64 \cdot l \cdot \gamma \cdot c^2}{Re \cdot d \cdot 2g}$$

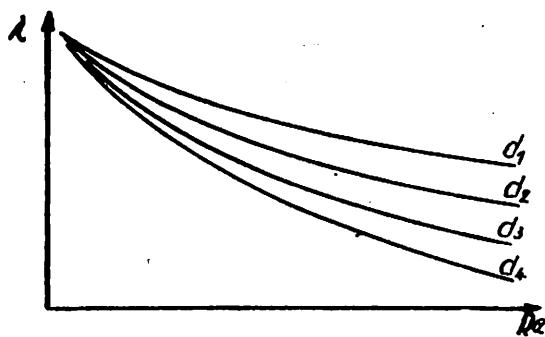
i dalje, ako stavimo da je:

$$Re = \frac{c \cdot d \cdot \gamma}{\eta \cdot g}$$



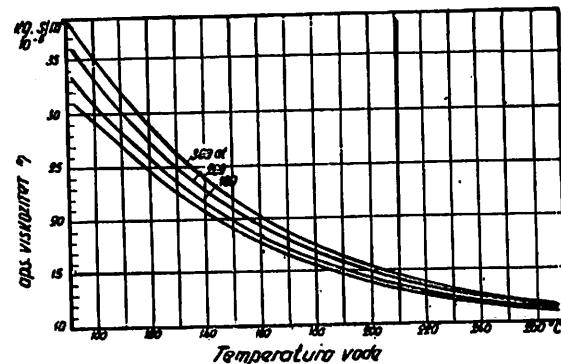
Sl. 3 — Apsolutni viskozitet η za vodu kod različitih temperatura (po Richter-u).

Fig. 3 — Absolute viscosity η of water at various temperatures (according to Richter).



Sl. 4 — Zavisnost između Rejnoldsovog broja Re i koef. otpora λ .

Fig. 4 — The dependance between Reynold's number Re and the coefficient of resistance λ .



Sl. 5 — Apsolutni viskozitet η za vodu pri različitim pritiscima (po Sigwort-u).

Fig. 5 — Absolute viscosity η of water at various pressures (according to Sigwort).

i zamenimo ovu vrednost u osnovnoj jednacini, krajnji oblik iste biće:

$$\Delta h' = \frac{32 \cdot \eta \cdot c \cdot l}{d^2} \text{ (m . V. S.)}$$

gde je:

η — dinamički viskozitet u kg.sec/m^2 .

Dinamički viskozitet tečnosti najlakše se meri pomoću Höppler-ovog viskozimetra. To je viskozimetar kojim se meri viskozitet tečnosti na baži pada kugle u staklenom cilindru, koji je napunjen tečnošću čiji se viskozitet želi da izmeri. Na osnovu dobijenih podataka pri ovom merenju tj. izmerenog vremena i temperature tečnosti izračunava se dinamički viskozitet tečnosti u POISE ili stotim delovima POISE — centipoazima, logično pri temperaturi pri kojoj je vršeno merenje. Dimenzije dinamičkog viskoziteta u tehničkom sistemu mera su $98,1 \cdot P$, tj. POISE treba pomnožiti sa 98,1 (ubrzanje zemljine teže). Pretvaranje jedinica dinamičkog viskoziteta u kinematički (v) vrši se na taj način, što se dobijena vrednost dinamičkog viskoziteta podeli sa specifičnom težinom tečnosti. Dimenzije dinamičkog viskoziteta su

$$\eta \frac{\text{dyn} \cdot \text{sec}}{\text{cm}^2}, \text{ a specifične težine } \gamma = \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

te je:

$$v = \frac{\eta}{\gamma} = \frac{\text{cm}^2}{\text{gr}} = \frac{\text{cm}^2}{\text{sec}}$$

Kinematički viskozitet se izražava u STOCK jedinicama ili u stotim delovima STOCK-a (c ST).

Veličinu $\Delta h''$ tj. gubitak pritiska u armaturama, kolenima, T komadima itd. računamo iz jednačine:

$$\Delta h'' = \xi \frac{c^2}{2g}$$

gde je:

ξ — otpor trenja.

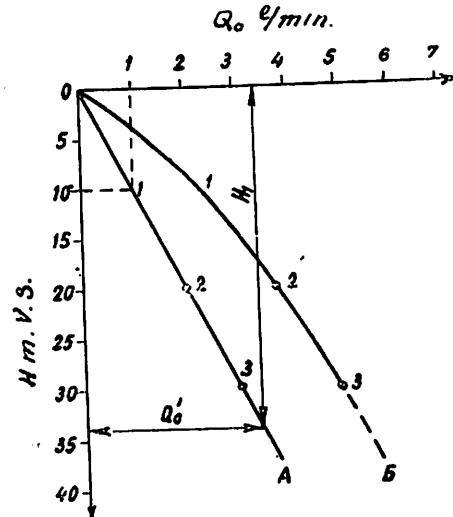
Vrednosti za otpor trenja (ξ) obično su date u tablicama za svaku pojedinu dimenziju i oblik armature ili fasonski komad, te se te vrednosti lako mogu uzeti iz tablica.

Ukupni gubitak pritiska h_4 se dobija sabiranjem $\Delta h'$ i $\Delta h''$.

Za jednostavan račun upotrebljavaju se nomogrami iz kojih se brzo, lako i sa dovoljnom tačnošću mogu odmah da izračunaju gubici pritiska h_4 .

Utiskivanje vode u zonu koja se ispituje treba vršiti sve dotle, dok se ne postigne postojani — konstantni gubitak pri postojanom pritisku u vremenu od 3 do 4 časa. U tu svrhu se crta dijagram zavisnosti Q_o od t , te se na osnovu istoga lako mogu da uoče potrebni elementi.

Na osnovu podataka dobijenih merenjem gubitka vode Q_o i pritiska H pod kojim je vršeno utiskivanje vode, sastavlja se dijagram $Q_o = f(H)$. Na apscisi se nanose vrednosti za Q_o u $1/\text{min}$, a na ordinati vrednosti za H u metrima vodenog stuba.



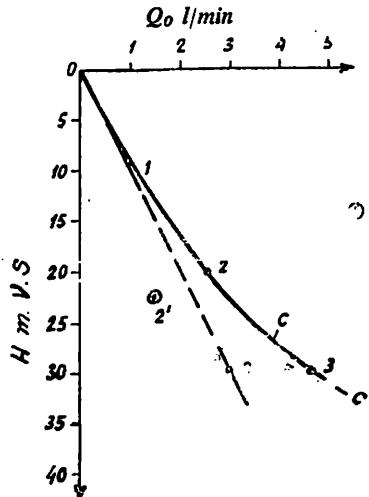
Sl. 6 — Dijagram $H - Q_o$.
Fig. 6 — Diagram $H - Q_o$.

Dijagram $Q_o - H$ nam omogućava na osnovu krive, da tačno ustanovimo kakav je režim kretanja vode u šupljinama koje smo ispitivali. Ako je zavisnost $Q_o - H$ izražena pravom linijom (A na sl. 6) koja prolazi kroz koordinatni početak, onda je režim kretanja vode kroz šupljine ili pukotine laminarni. Ako je, pak, ova zavisnost $Q_o - H$ izražena krivom linijom ispuštenom na gore (B na sl. 6) karakter kretanja vode je turbulentni. Iz ovih podataka dâ se zaključiti da li se radi o šupljinama i malim pukotinama u stenama koje se ispituju (laminarni režim strujanja) ili o većim kavernoznim pukotinama i šupljinama (turbulentni režim strujanja).

Logično je da od ta dva slučaja o izgledu krive zavisnosti $Q_o - H$ može biti odstupanja, te u takvim slučajevima treba ponoviti ispitivanja dok se ne dobiju željeni re-

zultati, jer je po pravilu uvek u pitanju greška u ispitivanju ili ispitivanje vremenski nije dovoljno trajalo.

Dešavaju se i takvi slučajevi da se u toku ispitivanja, a pod uticajem vode koja se utiskuje, propustljivost stena poveća usled ispiranja pukotina i šupljina. U takvim slučajevima treba najpre povećati pritisak utiskivanja da se ovo ispiranje izvrši što bolje i brže, a zatim izvršiti normalno ispitivanje.



Sl. 7 — Dijagram Q_0 — H .
Fig. 7 — Diagram Q_0 — H .

Ako je ustanovljeni režim kretanja vode kroz pukotine i šupljine laminarni, specifična vodozasićenost je stalna veličina i određuje se sledećim obrascem:

$$q = \frac{Q'_0}{H'} \text{ (1/min)}$$

gde su:

Q'_0 — gubitak vode u 1/min (ma koji),
 H' — pritisak koji odgovara količini izgubljene vode Q'_0 .

U slučaju da je ustanovljeni režim kretanja vode kroz pukotine i šupljine turbulentan, specifična vodozasićenost se određuje na drugi način, jer je zavisnost između potrošene — utisnute količine vode Q'_0 i pritiska H' izražena parabolom, logaritamskom ili stepenom krivom linijom. U tu svrhu se prave dva ili tri dijagraama.

Prvi dijagram izražava zavisnost $H_0 = f(Q_0)$ gde je $H_0 = \frac{H}{Q_0}$. Na osi apscisi se nanose vrednosti za količinu potrošene vode Q_0 , a na ordinati odgovarajući

pritsici. Ako pri ovome dobijemo pravu liniju, to znači da je zavisnost parabolična, a pri tome se specifična vodozasićenost određuje po sledećem obrazcu:

$$q = \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2b}} \text{ (1/min)}$$

gde su:

a — odsečak na osi ordinati do tačke odakle počinje prava

b — veličina koja se određuje po sledećem obrazcu:

$$b = \frac{H'_0 - a}{Q'_0}$$

gde su:

H'_0 i Q'_0 — koordinate bilo koje tačke na krivoj $H_0 = f(Q_0)$.

Dруги дјаграм израђава зavisност $\log Q_0 = f(\log H)$. На оси apscisi se nanose vrednosti за $\log Q_0$, а на ordinatnoj оси vrednosti за $\log H$. Ako pri ovome dobijemo pravu liniju, to znači da je zavisnost potencijalna — stepena. Specifična vodozasićenost tj. njen logaritam ($\log q$) u takvom slučaju predstavlja odrezak na apscisi do tačke odakle počinje prava $\log Q_0 = f(\log H)$.

Pri ovome treba da bude ispunjen sledeći uslov tj. da je:

$$1 < \frac{\log H'}{\log Q'_0 - \log q} \leq 2$$

gde su:

$\log H'$ и $\log Q'_0$ — коordinate proizvoljno uzete tačke na ucrtanoj krivoj zavisnosti $\log Q_0$ — $\log H$.

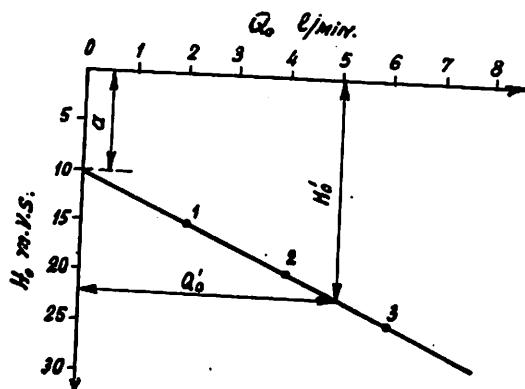
U slučaju da se kod ova dva razmotrena slučaja ne dobiju prave, crta se — izrađuje treci dijagram, koji izražava zavisnost $Q_0 = f(\log H)$. Na osi apscisi ovog dijagraama nanose se vrednosti za Q_0 , a na ordinati vrednosti za $\log H$. Specifična vodozasićenost q (samo ako se pri ovome dobije prava) se određuje odsečkom na apscisi O—B do tačke odakle počinje prava.

Podaci o ispitivanju vodozasićenosti se nanose grafički u odgovarajućoj razmeri posred geološkog profila bušotine koja se spremi za cementaciju. Na ovaj način se dobija potpuna preglednost zona, koje dolaze u obzir za cementaciju.

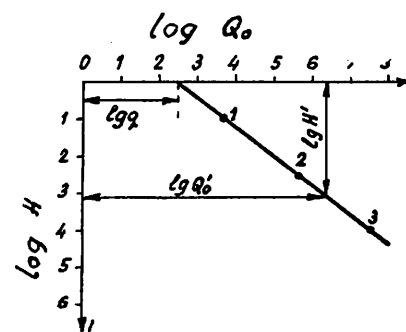
Sa stanovišta vodopropustljivosti sve stene možemo da podelimo u 7 kategorija (po Trupak-u) i to:

U I grupu ulaze stene sa specifičnom vodozasićenošću manjom od 0,001 l/min. Takve stene su praktično vodonepropustljive.

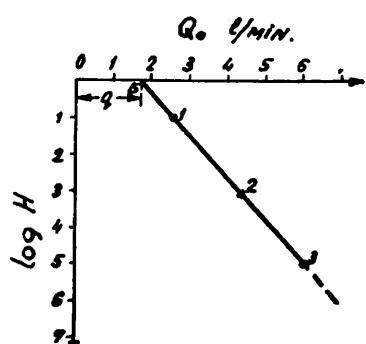
U II grupu ulaze stene sa specifičnom vodopropustljivošću od 0,001 do 0,01 l/min. Takve stene su slabo vodopropustljive.



Sl. 8 — Dijagram Q_0 — H_0 .
Fig. 8 — Diagram Q_0 — H_0 .



Sl. 9 — Dijagram $\log Q_0$ — $\log H$.
Fig. 9 — Diagram $\log Q_0$ — $\log H$.



Sl. 10 — Dijagram Q_0 — $\log H$.
Fig. 10 — Diagram Q_0 — $\log H$.

U III grupu ulaze stene sa specifičnom vodopropustljivošću od 0,01 do 0,1 l/min. Takve stene su vodopropustljive.

U IV grupu ulaze stene sa specifičnom vodopropustljivošću od 0,1 do 1,0 l/min. Takve stene su srednje vodopropustljive.

U V grupu ulaze stene sa specifičnom vodopropustljivošću od 1,0 do 10 l/min. Takve stene su visoko vodopropustljive.

U VI grupu ulaze stene sa specifičnom vodopropustljivošću od 10 do 100 l/min. Takve stene su vrlo visoko vodopropustljive.

U VII grupu ulaze stene sa specifičnom vodopropustljivošću većom od 100 l/min. Takve stene su jako visoko vodopropustljive.

U praksi je dokazano da stene koje imaju manju specifičnu vodozasićenost od 0,01 l/min nisu pogodne za cementaciju.

Najpovoljniji i najuspešniji rezultati cementiranja se postižu kod stena koje spadaju u III, IV, V i VI grupu.

Istovremeno sa određivanjem specifične vodozasićenosti određuje se i koeficijent filtracije. Tok izvođenja ove operacije je sledeći: u izbušenu bušotinu, a u interval koji se ispituje, utiskuje se čista voda pod vrlo malim hidrostatičkim natpritiskom (nekoliko metara V.S.). Utiskivanje vode vrši se pri jednom ustaljenom položaju nivoa u toku 2 do 3 sata. Zatim se ista operacija ponavlja 4 do 5 puta, ali uvek sa malim povećanjem pritiska iznad hidrostatičkog.

Metod određivanja koeficijenta filtracije (K) zavisi od režima kretanja podzemnih voda. Pri laminarnom režimu kretanja tj. pri pravolinijskoj zavisnosti Q_0 — H primenjuje se isti obrazac kao i za potpuno nabušeni buhar tj:

$$K = 0,366 \cdot Q_n \frac{\log R - \log r}{h_i \cdot H_n} \text{ (m/sek)}$$

gde su:

Q_n — količina vode u 1/sec koja je utisnuta u bušotinu pod pritiskom H_n

R — drenažni radius u m

r — prečnik bušotine u m

h_i — moćnost — debljina ispitivane zone u m

H_n — pritisak u m. V. S. pod kojim se vrši utiskovanje vode u buštinu, a koji odgovara količini utisnute vode Q_n 1/sec.

Vrednost za drenažni radius se obično utvrđuje na osnovu podataka o ranijim ispitivanjima terena u okolini gde se ova ispitivanja izvode. Obično se kreće (u zavisnosti od permeabiliteata i poroziteta stena) između 200 do 300 metara.

Pri režimu turbulentnog kretanja podzemnih voda tj. pri krivolinijskoj zavisnosti $Q - H$, primenjuje se za određivanje koeficijenta filtracije poznati obrazac Krasnopolemskog:

$$k = \frac{Q_n}{2 \cdot h_1} \sqrt{\frac{\frac{1}{r} - \frac{1}{R}}{H_n}} \text{ (m/sec)}$$

Ako uzmemo da je $\frac{1}{R}$ praktično jednak nuli, dobijamo približan, ali dovoljno tačan obrazac:

$$\begin{aligned} k &= 0,159 \frac{Q_n}{h_1} \sqrt{\frac{1}{r \cdot H_n}} = \\ &= 0,159 \frac{Q_n}{h_1 \sqrt{r \cdot H_n}} \text{ (m/sec).} \end{aligned}$$

Raspored bušotina za metodu prethodne cementacije

Postoje tri načina za vršenje ove vrste cementacije i to: sa površine zemlje, iz samog okna i kombinovano.

Pri cementaciji sa površine bušotine se raspoređuju u krug oko profila okna po krugu, čiji je prečnik za 2 do 5 metara veći od prečnika okna. Rastojanje bušotina jedne od druge ne sme biti veće, sem u izuzetnim slučajevima, od 3 metra a ni manje od 1 m. Obično se kreće u granicama od 2 do 3 metra, a vrlo retko 1 do 1,5 metara.

Cementacione bušotine se buše i cementiraju sukcesivno tj. najpre se buši do izvesne dubine kroz šupljikavu stenu (obično 10 do 20 metara) zatim cementira, pa ponovo buši daljih 10 do 20 metara i cementira itd. sve dok se ne izvrši cementacija do željene dubine. To se radi na ovaj način iz sledećih razloga:

— ako bi se bušotina bušila do krajnje dubine, pa onda cementirala cela zona, nastalo bi nejednakost prodiranje cementnog ra-

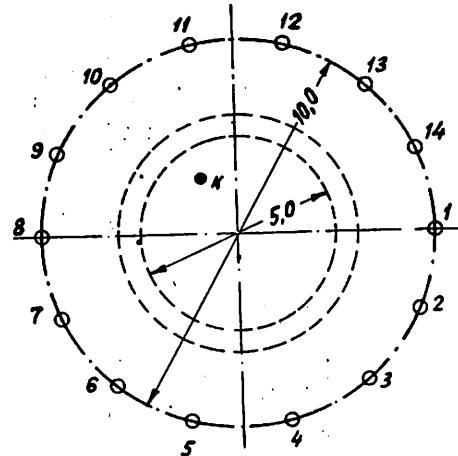
stvora u stene usled različitog permeabiliteata stena po njenoj celoj debljini. U ovom slučaju bi izvesne permeabilnije partie bile bolje, a neke slabije permeabilne partie lošije ili nikako cementirane.

Deljenjem na zone ovo se u priličnoj meri izbegava i ako ne potpuno, što je praktično i neizvodljivo.

— Segmentnim tj. sukcesivnim cementiranjem bušotina postaje stabilnija, tako da se sa te strane dobija bolja sigurnost za izvršenje operacije.

Prečnik cementacione bušotine u prvom redu zavisi od dubine bušotine, te se kreće u predelu od 45 do 100 mm, ako se bušenje izvodi švedskim standardnim priborom, koji je u Evropi najrasprostranjeniji. Povoljnije je da prečnik bušotine bude što je moguće manji (ukoliko to oprema bušenja dozvoljava), jer se na taj način povećava brzina strujanja cementnog rastvora kroz bušotinu, a time i prevremena sedimentacija cementnih čestica iz rastvora.

Pri cementaciji iz samog okna bušotine se raspoređuju u krug prečnika manjeg za oko 0,3 do 0,5 m od prečnika okna. Ovo rastojanje diktira oblik postrojenja za bušenje, sigurnost i mogućnost nesmetanog rada. Od

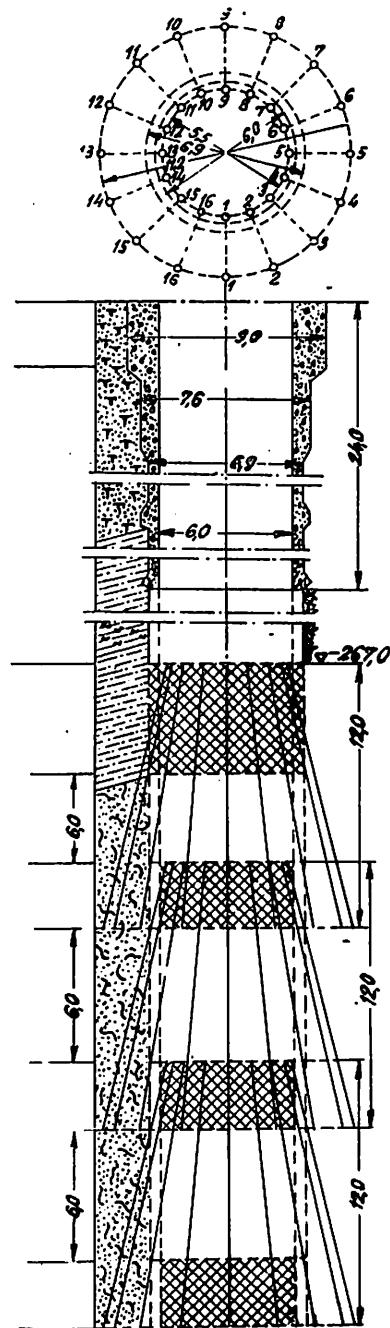


Sl. 11 — Raspored bušotina pri cementaciji sa površine zemlje.

1—14 — cementacione bušotine
K — kontrolne bušotine.

Fig. 11 — Distribution of bore-holes at surface cementation
1—14 bore-holes for cementation
K — check-in bore-holes.

stojanje usta bušotine jedne od druge obično se uzima u predelu od 0,8 do 1,5 m, a odstojanje dna bušotina 1,5 do 2 metra. Cementacione bušotine koje se buše sa dna okna



Sl. 12 — Cementacija vodonosne zone sa dna okna.
 Fig. 12 — Cementation of water zone from the shaft bottom.

treba da sa osom okna zatvaraju izvestan ugao α . Veličina ovog ugla treba da bude takva da dno cementacione bušotine ne prelazi odstojanje od zida okna veće od $1 = 1,5$ m. Pri visini zahvata za cementaciju (h), ugao α se određuje pomoću obrasca:

$$\alpha = \text{arc. } \operatorname{tg} \frac{a+1}{h}$$

gde je:

a — rastojanje usta bušotine od zida okna.

Visinu zahvata za cementaciju određujemo na osnovu više faktora:

- čvrstine i stepena šupljikavosti stena
 - bušaće garniture i opreme kojom se bušenje izvodi i
 - od niza ekonomsko-organizacionih faktora.

Kod ove vrste cementacije neophodno je da se pre početka izvođenja radova preduzmu mera da cementni rastvor, koji se utiskuje u šupljine stene, ne dode u okno. U tu svrhu se na dnu okna pravi specijalni cementni čep ili ostavlja izvesna debljina zone već cementirane stene. Ovo se ponavlja toliko puta, koliko se puta vrši cementacija.

Kombinovani način cementacije je, u stvari, kombinacija ova dva načina, a primenjuje se u specijalno teškim i komplikovanim prilikama.

Izbor načina cementacije zavisi u prvom redu od tehničko ekonomskih uslova tj. od tehničkih mogućnosti i cene koštanja jedne ili druge investicije. Pre donošenja bilo kakve odluke neophodno je potrebno da se izvrši bušenje tzv. istražnoispitnih bušotina radi prikupljanja podataka o terenu kroz koji će da se dubi okno. Ispitivanje ovih bušotina treba vršiti veoma savesno, sistematski i detaljno naročito u pogledu podzemne vode. Na osnovu dobijenih podataka o izvršenom ispitivanju razrađuje se idejno rešenje za obe metode, a zatim rade uporedne kalkulacije.

Kod zatvaranja vode putem cementacije nikad ne treba dozvoliti da se pritok vode u okno potpuno zatvori. Praksa je pokazala da se postiže bolji ekonomski efekt pri smanjenju dotoka vode na 20% od prvobitnog, nego pri potpunom zatvaranju. Sa druge strane, potpuno zatvaranje je vrlo teško izvodljivo, a često i uopšte nemoguće.

Oprema i način cementacije kroz bušotine

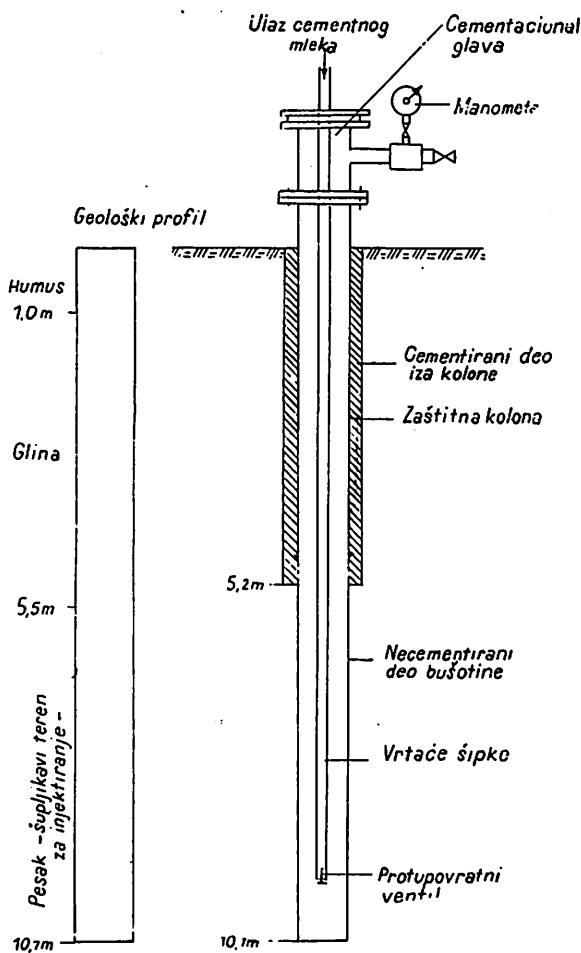
Za bušenje cementacionih bušotina primenjuje se normalna oprema za dubinsko bušenje. Bušenje se izvodi isplakom, koja treba da ima sva svojstva potrebna za nesmetano napredovanje bušenja.

Režim bušenja kao i plan zacevljenja i opreme bušotine se prilagođava prema karakteristikama terena koji se buši, prema završnom prečniku koji treba da ima cementaciona bušotina, kao i prema opremi na uštima bušotine. Za jednostavne cementacije usta bušotine se opremanju na sledeći način: bušenje se izvodi do određene početne dubine (obično 10 do 15 m) većim prečnikom, a zatim se na ovu dubinu spušta — ugrađuje i cementira uvodna kolona. Na gornjem kraju kolone navaruje se prirubnica ili pak muška ili ženska spojnica sa navojem na koji se prilikom cementacije postavlja cementaciona glava sa potrebnim ventilima i drugom opremom (sl. 13).

Postoji više metoda cementacije, a njihova primena zavisi, uglavnom, od pritiska pod kojim treba cementacija da se izvrši kao i od vrste opreme kojom se raspolaze. Sve metode su podjednako dobre.

Često je u primeni metoda tzv. neposredne cementacije kroz samu bušotinu. Kod ove metode se najpre kroz vratače šipke, spuštenе na dno bušotine, bušotina zapuni do vrha cementnim mlekom, da bi se iz nje istisla isplaka, a zatim se iz bušotine vade vratače šipke i na njena usta stavlja cementaciona glava. Kroz cementacionu glavu pomoću pumpe ili injektora utiskuje se cementno mleko određene specifične težine i pod određenim pritiskom. Cementni rastvor dalje kroz bušotinu ulazi u permeabilni deo stene, koji je pripremljen za cementaciju. Po završetku cementacije u bušotinu se upumpava određena, tačno izračunata količina isplake tako da zauzme potpunu zapreminu bušotine. Kad se ovo završi, ventil na uštima bušotine se zatvara i bušotina ostaje na miru najmanje 3 do 5 dana. Upumpavanje isplake u bušotinu vrši se radi toga, da bi se obezbedila — sačuvala sama bušotina. Ova metoda cementacije primenjuje se obično kod plitkih bušotina malog prečnika.

Kod druge metode cementacija se vrši kroz vratače šipke. U tu svrhu se na vrtačim šipkama u buštinu na određenu dubinu (u povlatu šupljikave zone) spušta paker, kojim



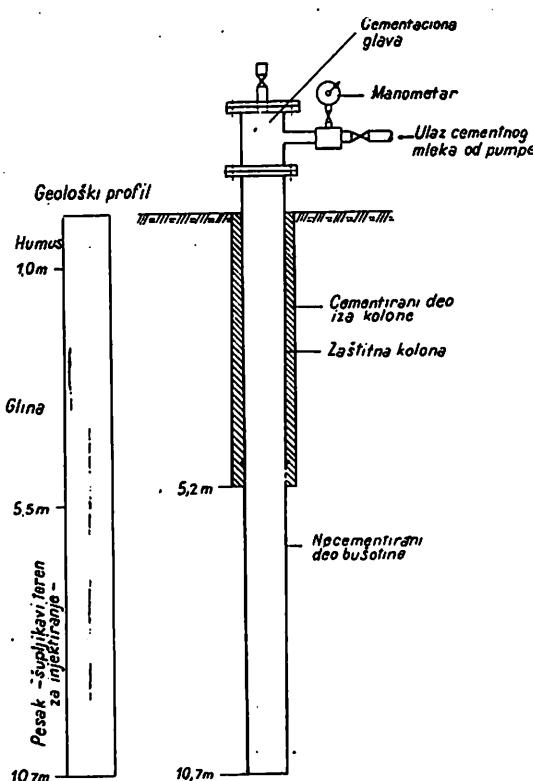
Sl. 13 — Oprema jedne cementacione bušotine pripremljene za injektiranje.

Fig. 13 — The equipment of a cementation bore-hole prepared for injecting.

se gornji deo bušotine izoluje. Cementno mleko se pumpa kroz vratače šipke u teren. Po završenoj cementaciji upumpava se u šipke i donji deo ispod pakera određena, tačno izračunata zapremina isplake da bi se sačuvao paker i šipke od stvrđivanja cementnog mleka u njima. Po završenoj cementaciji i upumpavanju isplake na gornjem delu vratačih šipki zatvara se ventil i bušotina ostavlja na miru najmanje 3 do 5 dana.

Široko je primjenjen i način cementacije kroz vrtače šipke bez ugrađenog pakera. Oprema usta bušotine je i u ovom slučaju skoro ista kao kod cementacije kroz samu buštinu, sem što se na ulaznoj prirubnici ostavlja otvor za ulaz šipki sa zatvaračem od nekog dobrog materijala. Cementno mleko se pumpa kroz vrtače šipke, na čijem kraju je postavljen protu-povratni ventil, te odavde odlazi u sloj koji se cementira. Po završenoj

cementaciji bušotine onda se cementacija bušotine vrši jednostavno kroz vrtače šipke, koje se spuštaju na potrebnu dubinu. Kroz iste se vrši upumpavanje cementnog rastvora. Po završenoj cementaciji vrtače šipke se vade napolje, a bušotina suksesivno, prilikom vadenja vrtačih šipki, ispira isplakom.

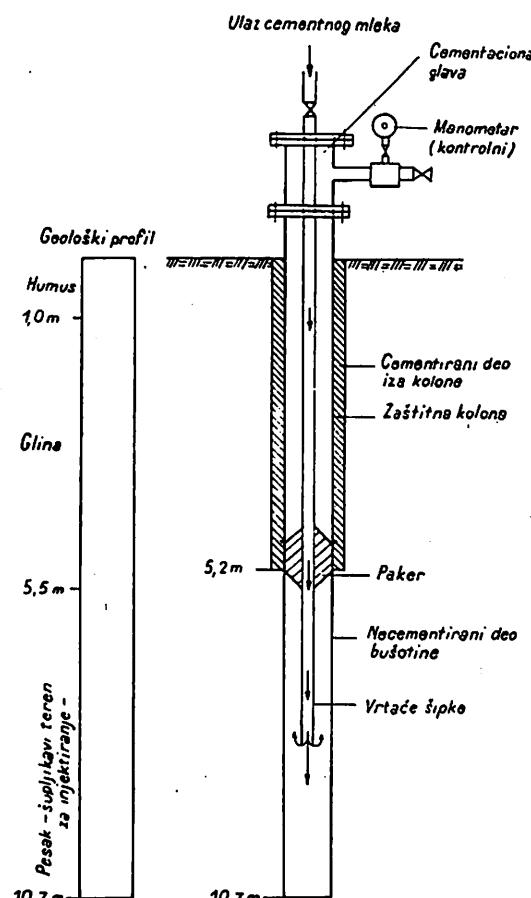


Sl. 14 — Oprema jedne cementne bušotine pripremljene za injektiranje kroz vrtače šipke sa pakerom.

Fig. 14 — The equipment of a cementation bore-hole prepared for injecting through the rotating rods with a packer.

cementaciji upumpava se određena količina čiste vode ili isplake, da bi se sprečilo stvrđnjavanje cementnog mleka u špkama i iste povlače u gornji deo bušotine koji je zacevljen. Zatim se bušotina ostavlja na miru najmanje 3 dana.

Ako je za vršenje cementacije dovoljan samo umanjeni hidrostratički pritisak stuba



Sl. 15 — Oprema jedne cementacione bušotine pripremljene za injektiranje kroz vrtače šipke.

Fig. 15 — The equipment of a cementation bore-hole prepared for injecting through the rotating rods.

Za ubrizgavanje cementnog rastvora u injekciono-cementacione bušotine upotrebljavaju se injektori različitih konstrukcija ili pak klipne pumpe koje služe i za cirkulaciju isplake prilikom dubinskog bušenja. Injektorima se postiže ravnomerniji pritisak pri utiskivanju cementnog rastvora u injekcionu zonu, te su sa te strane isti pogodniji.

Specifična cementacija prodora vode u izvoznom oknu rudnika soli Tušanj

Izvozno okno rudnika soli Tušanj kod Tuzle dubljeno je prečnikom 6,20 m (korisni — svetli prečnik okna iznosi 5,0 m) i radovi su tekli normalno sve do dubine 241 m, kada se pojavio pritisak terena. Na dubini 257,80 m (okno je betonirano do 257 m) prodrla je u okno slana voda, čiji je pritok u prvoj fazi iznosio oko 200 l/min, a već posle nekoliko časova oko 1000 i više l/min. Statički nivo prodrle vode u izvoznom oknu se ustalio na oko 70 metara (mereno od površine). Delimična analiza vode uzeute iz okna bila je sledeća (proba uzeta sa 235 m):

Specifična težina na 20°C
1,163 kg/l

Viskozitet $1,035^{\circ}\text{E}$

Natrijum hlorid 229 gr/l

Sumpor vodonik 0,016 gr/l

Amonijak 0,040 gr/l

Prepostavlja se da je voda prodrla iz severoistočnog dela okna ispod betonske obloge.

Prethodna konsolidacija terena gde će se dubiti okno nije vršena, a isto tako istražna bušotina br. 11 koja je bušena u centru okna do dubine od 441,5 m nije ispitivana na dotoke vode.

U oknu je prilikom ovog prodora slane vode ostala radna bina na oko 8 m od dna okna i mogla je da se spusti na dno. Stalne lestvice dopiru do nivoa 250 m.

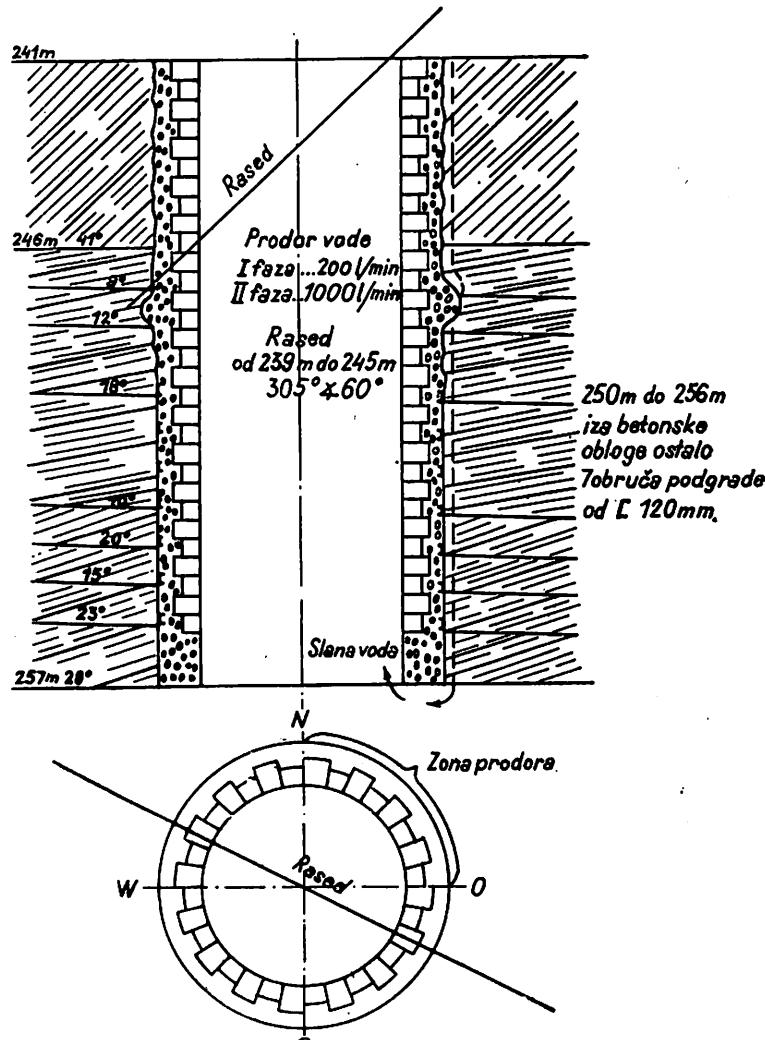
Razmatrajući nastalu situaciju došlo se do zaključka, da programom radova prvo treba izvršiti zatvaranje vode na dnu okna izradom betonskog čepa, a zatim izvršiti cementaciju prodora površinskim buštinama po-

stavljenim u krug oko okna i kroz kolonu cevi postavljenu u betonskom čepu. Posle završetka ovih radova treba prići postepenom pražnjenju vode iz okna i sukcesivno kroz injekcione bušotine vršiti injektiranje terena iza zidova okna.

Betonski čep na dnu okna radi zatvaranja vode rađen je u dve faze na sledeći način:

— da bi se sačuvala, radna bina je spuštena na dno okna.

— Zatim je spuštena kolona cevi I prečnika $5 \frac{1}{2}''$ (API) na dubinu 254,8 m, kroz koju će se kasnije cementirati teren kroz koji je prodrla voda u okno. Ova kolona je bila



S.I. 16 — Okno Tušanj.
Fig. 16 — The shaft Tušanj.

snabdevena protu-povratnim ventilom, a na 226,18 m bila je postavljena spojница sa levinom navojem, tako da se posle završene cementacije gornji deo kolone može da odvrne i izvadi napolje, kako ne bi smetao radovima u oknu.

— Posle spuštanja kolone I, ubačeno je u okno u visini od 5 m oko 100 m³ komadne cigle, a zatim u visini od 2 m oko 40 m³ tucanika od cigle i 1,5 m visine okna sitnoga peska (oko 30 m³).

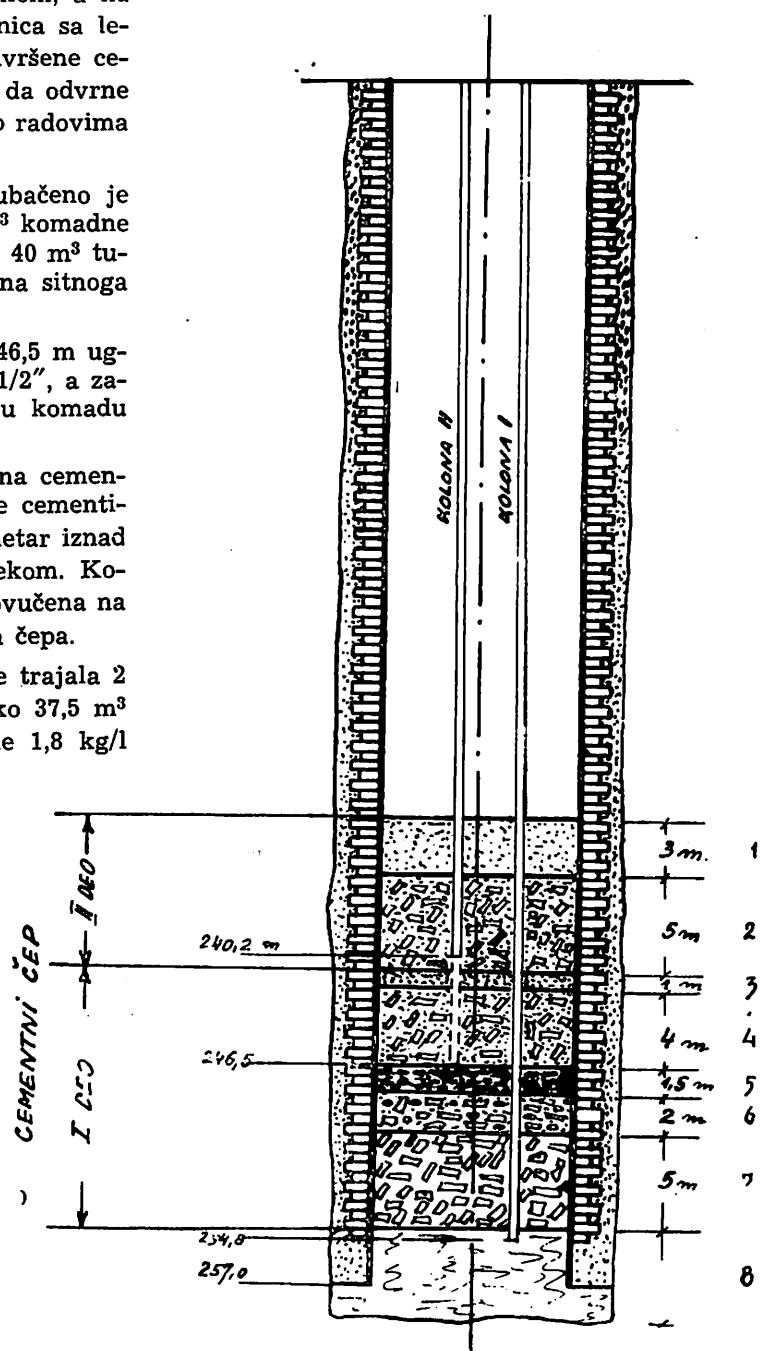
— Iza ovoga je na dubini od 246,5 m ugrađena kolona cevi II prečnika 5 1/2", a zatim je ubačeno oko 70 m³ cigle u komadu (4 m visine okna).

Kroz kolonu II je zatim izvršena cementacija prvog dela čepa, tako da je cementiran deo ciglom u visini 4 m i 1 metar iznad ovoga dela čistim cementnim mlekom. Kolona II je posle ove cementacije povučena na više tj. iznad izrađenog prvog dela čepa.

Cementacija prvog dela čepa je trajala 2 sata i 15 minuta, a ubačeno je oko 37,5 m³ cementnog mleka specifične težine 1,8 kg/l (90 tona cementa).

— Posle izvršene cementacije ostavljeno je sve na miru 10 sati, a zatim je kolona II spuštena na dubinu 240,2 m tj. na oko 0,5 m iznad cementiranog prvog dela čepa.

— Zatim je ubačeno oko 85 m³ komada cigle tj. oko 5 metara visine okna i posle toga je izvršeno cementiranje drugog dela čepa, tako da je cementiran porozni deo ciglom u visini 5 m i 3 m iznad ovoga dela čistim cementnim mlekom.



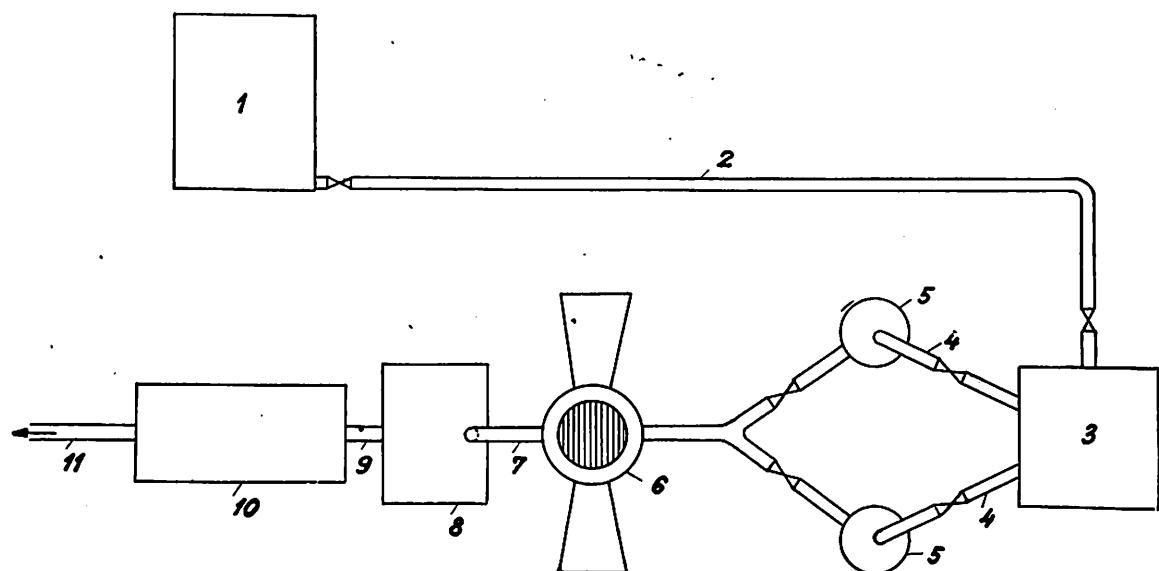
Sl. 17 — Cementni čep za zatvaranje vode u oknimarudnika Tušanj. 1 — cem. mleko; 2 — cigla + cem. mleko; 3 — cem. mleko; 4 — cigla + cem. mleko; 5 — pesak; 6 — cigla (tucanik); 7 — cigla (komad); 8 — mulj (?).

Fig. 17 — A cement tamping for blockage of water in shafts of Tušanj Mine. 1 — liquid cement, 2 — brick + liquid cement, 3 — liquid cement, 4 — brick + liquid cement, 5 — sand, 6 — brick (crushing), 7 — brick (piece), 8 — marsh (?).

Cementacija je trajala 4 sata i 30 minuta, a za to vreme je upumpano oko 67 m^3 cementnog mleka specifične težine $1,85 \text{ kg/l}$. Po završenoj cementaciji kolona II je podignuta i isprana, a zatim izvadena napolje.

Time je izrada cementnog čepa završena.

nijeg ispitivanja da li je prodor cementiran, potrebno je izbušiti jednu bušotinu kroz samu kolonu II, a zatim nekoliko bušotina oko okna, koje bi u slučaju da naidu na necementirane zone služile i kao cementacione bušotine.



Sl. 18 — Rasporед uređaja za cementaciju prodora u oknu „Tušanj“. (šema)

1 — rezervoar za vodu; 2 — cevovod za dovod vode; 3 — prihvativni rezervoar za vodu; 4 — usisni vod pumppe; 5 — centrifugalna pumpa; 6 — trikter-mešać cement-voda; 7 — izlazni vod za cementno mleko; 8 — prihvativni rezervoar za cementno mleko; 9 — usisni vod pumpe; 10 — klipna-Duplex pumpa; 11 — potisni vod.

Fig. 18 — Scheme of installations for cementation of water irrigation in the shaft „Tušanj“.

1 — water reservoir, 2 — water pipe-line, 3 — impounding water reservoir, 4 — aspiring tube of pump, 5 — centrifugal pump, 6 — mixer for cement and water, 7 — exit of liquid cement, 8 — first-hand deposit for liquid cement, 9 — aspiring tube of pump, 10 — piston duplex pump, 11 — pipe-line under pressure.

Posle oko 30 dana od dana završetka cementacije čepa, kroz kolonu I vršeno je ispiranje dna okna od mulja slanom vodom, a zatim se posle temeljito izvršenih priprema pristupilo cementiranju prodora, pri čemu je ubačeno oko 709 m^3 cementnog mleka specifične težine $1,70$ do $1,72 \text{ kg/l}$ (504 tone cementa). Krajnji pritisak upumpavanja iznosio je 2 atu, a posle upumpavanja vode u kolonu 27 atu. Cementacija je trajala neprekidno oko 20 sati. Posle 18 dana vršena je pritiskom kontrola cementacije prodora, pri čemu je postignut pritisak od 36 atu. Iz ovoga se može zaključiti, da je cementacija prodora kroz ovu kolonu završena. Radi detalj-

Sve cementacije su izvršene bez ikakvih zastoja i vrlo uspešno.

U toku kasnijih meseci iz okna je ispuštena sva voda, a izrađeni čep je izvršio svoj zadatak.*)

Specifična cementacija u ventilacionom oknu Despotovačkih rudnika

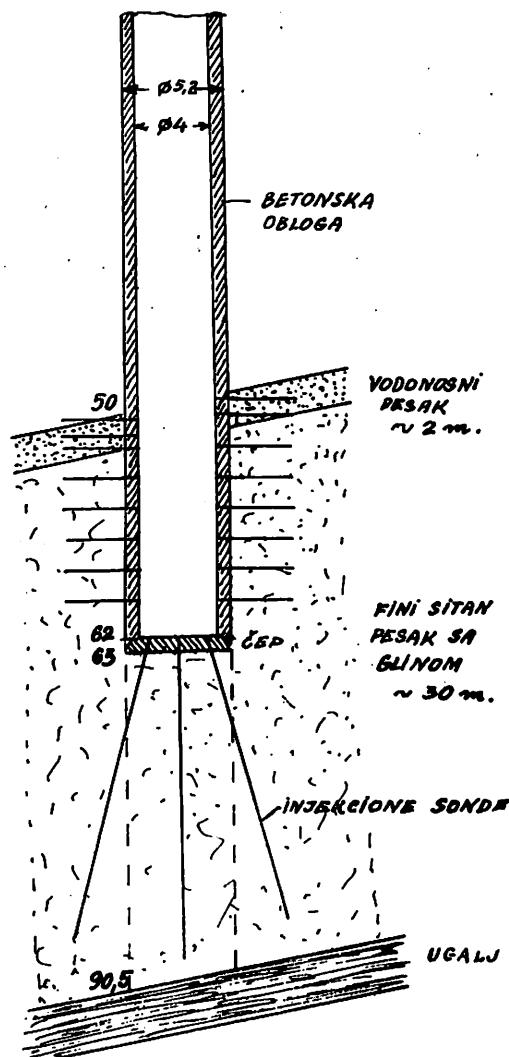
Pri dubljenju ventilacionog okna na 63 m dubine došlo je do prodora podzemne vode u okno, koja je nosila velike količine sitnog

*) Projekat za ove radeve je izradio ing. Dušan Mihailović, prof. Rudarskog fakulteta, a radovima su rukovodili i izvodili ih: ing. Dušan Mihailović, ing. Momčilo Simonović i ing. Milan Mitrović.

vrlo finog peska. Dalje dubljenje nije bilo moguće ni pomoću tibinga, jer su uvek nai-lazile sve veće količine peska zajedno sa vodom.

U cilju zatvaranja vode i konsolidacije terena predviđene su sledeće mere (sl. 19):

- izraditi na dnu okna cementni čep,
- izvršiti injektiranja iza zidova okna i sa površine čepa kosim bušotinama i to onog dela terena koji je vodonosan i nestabilan.**)



Sl. 19 — Predlog za stabilizaciju putem cementacije za okno Despotovačkih rudnika.

Fig. 19 — The project of stabilization by cementing for a shaft from Despotovac mines.

**) Ove radove je vršilo preduzeće „Elektro-sond“ — Zagreb, a program radova su sastavili ing. A. Blažek, ing. Momčilo Simonović i ing. L. Fingerhut.

Poseban problem predstavlja pravljenje smeše cementnog rastvora za cementaciju fi-nog peska sa česticama gline. Pritisak utiski-vanja cementnog mleka je ograničen i iznosi:

$$p = \frac{k (E^2 + 2 R_0 E)}{(R_0 + E)^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

gde su:

k — dopušteni napon na osovinski pri-tisak koji je u ovom slučaju za marku betona 220 iznosio 35,0 kg/cm²

E — debљina zida okna = 60 cm

R_0 — svetli poluprečnik okna = 2,0 m

$$p = \frac{35 (60^2 + 2 \times 200 \times 60)}{(200 + 60)^2} \approx 14,25 \text{ kg/cm}^2$$

Radovi su vrlo uspešno izvedeni i okno je dovedeno u ugaj.

Zaključak

Obrađujući materijal za ovaj rad, želeo sam da prikažem jednu metodu, koja omogu-ćuje uspešno izvođenje vertikalnih okana u vodonosnim terenima, gde normalne metode nisu u mogućnosti da se primene. Pri ovome treba imati u vidu sledeće činjenice:

— Pre bilo kakvih radova, teren treba dobro ispitati a naročito na vodu, za šta nam dubinsko bušenje, ako se pravilno izvodi, pruža neocenjive koristi.

— Uvek su uspešni i bolji prethodno nego naknadno izvršeni radovi na stabilizaciji — sanaciji iz razloga, što se brzo i lako izvode, mnogo manje koštaju, nego bilo kakva spa-savanja i sigurnost je mnogo veća.

Naveo sam i dva primera (okno rudnika Tušanj i okno Despotovačkih rudnika) u čijim saniranjima sam učestvovao, a za koja smatram da teren prethodno nije bio dobro ispitani, te su zato i došla naknadna spasava-nja koja su i dugo trajala i prilično koštala. Ujedno smatram, da metoda cementacije da je široke mogućnosti za bilo kakvu primenu gde se radi o zatvaranju vode, stabilizaciji ili pak spasavanju već izvršenih radova. Po-sebno želim da istaknem činjenicu, da du-binsko bušenje primenjeno u rudarstvu može da posluži u najrazličitije svrhe, a jedna od tih je i saniranje vodonosnih terena putem cementacije kroz bušotine.

Svaki ovakav posao je po sebi različit i raznovrstan, jer su i tereni koji se zatvaraju različiti, te prema tome su i metode različite, jer se u toku rada modifikuju, poboljšavaju i usavršavaju. Metoda zatvaranja prodora vode u okno „Tušanj” je u celosti specifična i nova. Novo je u njoj to, što je betonski čep rađen pod slanom vodom, što je trebalo sprovesti takvu organizaciju posla i tako rukovoditi poslom da ni jednog momenta ne dođe do bilo kakvog zastoja, jer bi isti bio katastrofalan. Posebno je za ove radove trebalo rešiti pitanje obrade cementnog mleka, da se istom vreme vezivanja poveća, da ne bi u toku cementacije došlo do vezivanja cementa

i niz drugih problema koji su se pojavljivali u toku izvođenja radova.

Kod okna u despotovačkim rudnicima posred specifičnosti u rasporedu injekcionih bušotina, posebno težak problem je predstavljalo pravljenje smeše cementnog rastvora za cementaciju vrlo finog peska izmešanog sa česticama gline, čija je propustljivost za cementno mleko jako mala, a isto tako i prisik utiskivanja cementnog mleka bio je ograničen.

Dakle, svaka sanacija tj. cementacija predstavlja poseban problem, te zahteva i posebno specifično rešenje prema svakom slučaju ponaosob.

SUMMARY

The cementation of porous water ground as preventive operation against water irruption during shaft sinking

M. Simonović, Min. Eng.*)

In this study of cementation the author wanted to point out a method which enabled a successful shaft sinking in porous water ground, where usual methods could not be applied.

The following facts should be borne in mind:

- Before any work on shaft sinking, the area should be entirely investigated and particularly underground water, by deep hole drilling, which, if done well, should supply very useful data.
- It is always better to have ensured ground stability before, than after shaft sinking, because of the following:
 - a. It is done easier and quicker.
 - b. It costs less than any subsequent salvage.
 - c. Safety is much greater.

The author mentioned two cases where he worked on the problem of shaft sinking. (The shaft of Tušanj mine and the shaft of Despotovac mine). In the author's opinion, the preliminary investigation works were not properly done and therefore subsequent salvages of already finished mining works were long and tiresome and expensive. At the same time, the author pointed out that the cementation method could be applied in many cases, when it was dealt with irruption, or stability, or with salvage of flooded shaft. The author wanted to point out the fact, that the deep hole drilling might be used for various purposes in mining works and that one of them was the preventive cementation through deep boreholes.

Each of such works was different, depending on ground conditions, where cementation has to be applied. The methods also, were different and during the work they were improving and they were changing, depending of locality and its specific conditions. The method used in cementation of the Tušanj mine shaft was entirely new and specific one. The concrete plug was made under salt water and organization of the work had to be such, to avoid any delay, because if it has happened it could be fatal.

* Ing. Momčilo Simonović
Rudarski basen Kolubara — Vreoci

Special attention has been paid to cement binding time. The cement binding time has been made longer and by so doing it was not possible that cement binding happened during cementation period. Many other problems arised in the cementation of the shaft of Tušanj mine.

A very difficult problem in cemen tation of Despotovac mine shaft, was the preparation of mixture of cement solution for cementation of very fine sand and clay particles. The permeability of the material was very slight, and besides of it, the pressure acting on the solution was limited.

L iteratura .

- A b r a m o v , S. K., B a b u š k i n , V. D., 1955: Metody rasčeta pritoka vody k b urovym skvažinam. — Moskva.
- A b r a m o v , S. K., S e m o n o v , M. P., Č a l i - š e v , A. M., 1956: Vodozaborы подземных вод. — Moskva.
- B r a n t l y , J. E.: Rotary drilling Handbook, V izdanje.
- M o h r , F., 1951: Grundlagen der Berechnung des Ausbaues von Schächten unter beson- derer Berücksichtigung von Gefrierschächten. — Essen.
- P o l a k o v , N. M., Č i ž i k o v , N. I., 1957: Provedenie gornyh vyrabotok. — Moskva.
- R a j č e v ić , B., 1952: Injektiranje. — Beograd.
- S u h a r e v , G. M., 1956: Osnovy neftepromislovoj gidrogeologii. — Moskva.
- S c h w e d l e r , F., 1953: Handbuch der Rohrleitungen. — Berlin.
- T r u p a k , N. G., 1956: Cementacija trešinovatyh porod v gornom dele. — Moskva.



Mokri postupak za dobijanje azbesta iz sirovine rudnika »Stragari«*)

(sa 1 šermom)

Dr ing. Stevan Marković

Ležište azbesta kod mesta Stragari u NR Srbiji je veoma bogato azbestom. Iako azbest iz Stragara pripada grupi hrizotilnih azbesta, njegova vlakna se javljaju u vidu agregata koji nisu uobičajeni za ovaj mineral. Umesto žilica azbesta, gde su vlakna svojom dužinom raspoređena upravno na pravac pružanja žilica, azbestna vlakna pomenute lokalnosti su isprepletena i obrazuju aggregate u vidu krpa i krpica izduženog i sočivastog oblika u matičnoj steni — serpentinu. Po red toga, azbestna vlakna su međusobno cementirana talkom.

Dok se azbest iz većine ležišta može mehanički vrlo uspešno da razvlakni i raščešlja dezintegriranjem u čekićarima ili dezintegratorima, azbest »Stragari« se pri ovom postupku drugačije ponaša. I pored toga, što u krpicama ima jako mnogo dugih vlakana, (mikroskopskim ispitivanjem je utvrđeno da su vlakna, uglavnom, iznad 2 mm dužine), tretiranjem ove sirovine klasičnim metodama odvajanja azbesta postižu se u praksi veoma slabi rezultati. Razlog tome je svakako način agregovanja azbesta, kome postupci dezintegriranja i raščešljavanja ne odgovaraju te dolazi do visokog oštećenja krupnih vlakana, čime se gubi velika količina azbesta u sitnim

klasama sa jedne strane, a sa druge strane dolazi do visokog oštećenja krupnih vlakana koja se degradiraju u proizvode manje krupnoće.

Zavod za pripremu mineralnih sirovina Rudarskog instituta u Beogradu vršio je ispitivanja na uzorcima azbestne rude iz »Stragara« sa zadatkom:

- da pronađe postupak prerade ove rude koji će omogućiti dobijanje većeg udela azbesta u krupnim klasama;
- da poveća ukupno iskorišćenje azbesta iz rude.

Pre nego što opišemo način ispitivanja i iznesemo dobijene rezultate, osvrnućemo se ukratko na dosadašnja fizičko-hemijska ispitivanja azbesta »Stragari«.

Vlakna ovog azbesta poseduju sve osobine koje ima i hrizotilni azbest iz drugih nalazišta izuzev osobine, da se dejstvom mehaničke prerade razdvaja na najtanja vlakna. Interesantno je navesti upoređenje hemijskog sastava ovog azbesta sa azbestima nekih poznatih svetskih nalazišta.

Pregled dat u tab. 1 pokazuje da je hemijski sastav azbesta »Stragari« veoma blizak hemijskom sastavu azbesta iz poznatih svetskih ležišta.

*) Utkazujemo da je o stragarskom azbestu izašao članak ing. M. Ferjana u „Rudarskom glasniku“ br. 2 (prim. Redakcije)

Profesor dr ing. M. Karšulin vršio je više vrsta ispitivanja na ovom azbestu: analize hemijskog sastava, diferencijalno termičke analize, ispitivanja termičke dehidracije, koja pokazuje gubljenje kristalizacione vode u funkciji temperature, kao i rentgenografska ispitivanja strukture. Sve ove analize potvrđuju da azbest »Stragari« spada u grupu hrizotilnih azbesta.

Iz svega ovoga proizilazi da se karakteristične azbestne krpice iz »Stragara« sastoje iz tankih vlakana azbesta zнатне дужине која заhtevaju poseban начин razvlaknjavanja. U krpicama se nalaze i uklopci сочivastog obлика светло зелене боје и masnog sjaja. Rentgenografska analiza ovih uklopaka pokazala je, da se isti sastoje iz hrizotila i da je дужина vlakanaca u njima veoma mala.

Što se tiče međusobne povezanosti azbestnih vlakana u čvrste i žilave azbestne krpice, pretpostavljamo da ovo dolazi zbog gustoće nepravilno isprepletenih azbestnih vlakana. Uzrok ovoj isprepletenoj strukturi treba tražiti u uslovima geneze i tektonike ležišta azbesta »Stragari« — pojavama koje su deovale za vreme i posle samog nastajanja ležišta.

U pogledu tehnologije prerade azbestne rude »Stragari« ovo pitanje isprepletenosti azbestnih vlakana je najvažnije.

Treba napomenuti da je u Ljubljani u »Zavodu za raziskavo materijala in konstrukcij« razrađen postupak za razvlaknjavanje azbestnih krpica iz »Stragara«. Ovaj postupak se sastoji iz luženja koncentrata azbesta u rastvoru magnezijum sulfata praćeno zagrevanjem istog u autoklavima pod pritiskom. Posle ovih operacija azbestne krpice počinju da se raspadaju i njihova dezintegracija se

nastavlja u agitatorima — hidropulperima, u kojima se pod dejstvom vodene struje azbestna vlakna potpuno raspliću i oslobođaju se jednovremeno srasla zrna serpentina. Ovakvo proizveden azbest je pogodan za primenu u azbestno-cementnoj industriji. Ovaj proces, međutim, zahteva koncentrat azbesta koji sadrži najmanje 70% čistih azbestnih vlakana.

Razmatrajući osobine azbestne rude iz »Stragara« došli smo do sledećih zaključaka:

— Specifična težina čistog azbesta iznosi 2,33, dok specifična težina serpentina iznosi 2,61. Razlika po specifičnoj težini je mala, ali ipak značajna.

— Zapreminska težina serpentina je 2,3 gr/cm³ dok je zapreminska težina azbesta 2,12 gr/cm³.

— Oblik krpica azbesta je sočivasto pločast, dok se serpentin posle drobljenja sastoji iz zrna kockastog oblika čije su sve tri dimenzije približno jednakе vrednosti.

— Posmatrajući materijal drobljen u čekićnoj drobilici do ggk od 30 mm utvrđeno je, da je oko 95% azbestnih krpica potpuno oslobođeno od serpentina i da svega oko 30% od ukupne težine ovih krpica sadrži manje uklopke serpentina.

Iz gornjih posmatranja smo izvukli sledeći zaključak:

— da su u sirovini koja je prošla samo kroz prvi stepen drobljenja azbestne krpice oslobođene od serpentina u veoma visokom stepenu te da bi trebalo ovu činjenicu iskoristiti što je više moguće radi odvajanja azbestnih krpica bez daljeg usitnjavanja;

— da između krpica azbesta i serpentina postoji izvesna razlika u specifičnoj težini i obliku, što bi moglo da bude značajan faktor kod gravitacionog odvajanja serpentina.

Tablica 1

Elementi ili jedinjenja	Stragari	Thetford	Ural	Rodezija	Kipar
SiO ₂	41,33	39—43	42,5—43,5	40—43	40,6
MgO	39,47	40,41	41,5—42,5	38—40	39,0
Al ₂ O ₃	0,31	1,5—3,5	do 0,5	0,5—1,5	1,0
Fe ₂ O ₃	4,48	0,2—2,5	do 0,15	do 4,5	4,9
CaO	0,73	—	—	—	—
Gubitak žarenjem	13,53	14—14,5	14,5—15,5	12—14	14,5

Zbog toga je odlučeno, da se za odvajanje azbestnih krpica ispita primena mokre gravitacione koncentracije, kako bi se odmah na početku odbacio najveći deo jalovine i dobio koncentrat azbesta, koji bi bio pogodan bilo za dalju mehaničku preradu, bilo za razvlaknjavanje u hidropulperu po postupku koji je razrađen u pomenutom zavodu u Ljubljani.

Pošto su prvi preliminarni opiti koncentracije azbesta u mašinama taložnicama ukazali da se azbest lako odvaja od serpentina kao laki proizvod, pristupili smo opitima koji su obuhvatili sve klase iz srednjeg reprezentativnog uzorka drobljenog do ggk od 30 mm.

Sirovina je, pre svega, podeljena na krupnu klasu ($-30 + 1,65$ mm) i na sitnu klasu ($-1,65 + 0$ mm). Krupna klasa bi obuhvatila azbest pogodan za dalju preradu u hidroseparaciji po postupku ZRMK — Ljubljana, dok bi se azbest sadržan u sitnoj klasi mogao koristiti posle mehaničkog raščesljavanja kao azbest klase 7 R shodno postojećim standardima za azbest.

Koncentracija azbesta iz krupne klase

Krupna klasa $-30 + 1,65$ mm podeljena je prosejavanjem na sitima u sledeće potklase:

-30	$+10$	mm
-10	$+5$	mm
-5	$+3,33$	mm
$-3,33$	$+1,65$	mm

Svaka potkласа je potom zasebno koncentrisana u mašini taložnici tipa »Harz«, pri čemu je dobijen koncentrat azbesta, međuproizvod i serpentinska jalovina. Ovako veliki broj potklasa uzet je da bi se imao što manji raspon u krupnoćama, da bi se povećao efekat zbog razlika u specifičnoj težini izme-

đu azbesta i serpentina kao i razlika u obliku između zrna ova dva minerala. Potreba takvog rada utvrđena je u preliminarnim opitim.

Posle detaljne analize sadržaja azbesta u gravitacionom koncentracijom dobijenim proizvodima, drobljenjem i prosejavanjem istih, utvrdili smo da se i međuproizvodi mogu posmatrati kao koncentrati. Spajanjem koncentrata i međuproizvoda dobija se bilans izražen na ulaznu rudu ($-30 + 0$ mm).

Kao što se iz tablice 2 vidi, iz materijala raspona krupnoće od 30 do 1,65 mm dobija se koncentrat azbesta sa oko 71% čistog azbesta uz iskorišćenje od 92,5%. Težina ovog koncentrata izražena na ulaznu rudu ($-30 + 0$ mm) iznosi 15,38%. Kao što se vidi, gubici azbesta su veoma mali i primenjenim postupkom gravitacione koncentracije ukupno 61% sirovine iz krupnih klasa se odbacuje kao jalovina koja sadrži oko 3,5% azbesta, dok sirovina koja je ušla u proces sadrži u proseku 30% azbesta.

Dobijen koncentrat azbesta pogodan je, bilo za postupak razvlaknjavanja u hidroseparaciji, bilo za direktnu mehaničku dezintegraciju posle sušenja. U ovom slučaju razvlaknjavanje će svakako biti mnogo uspešnije, jer azbest nije pomešan sa serpentinom, čije prisustvo je jedan od glavnih faktora koji utiču na degradaciju azbesta u procesu razvlaknjavanja u čekićnim mlinovima ili dezintegratorima.

Koncentracija azbesta iz sitne klase

Pošto je azbest iz krupnih klasa uspešno koncentrisan u mašinama taložnicama tipa »Harz«, to je učinjen pokušaj da se i sitne klasе ($-1,65$ mm) podvrgnu ovoj koncentraciji u odgovarajućim mašinama.

Tabela 2

Klasa krupnoće u mm	Težinski udio klase, %	% azbesta u klasi	Težina koncentrata azbesta %	% azbesta u konentr.	Iskorišćenje azbesta, ukupno
$-30 + 10$	6,48	33,79	3,10	66,94	94,57
$-10 + 5$	8,11	29,99	2,96	76,21	92,57
$-5 + 3,3$	12,44	28,33	5,28	62,26	93,35
$-3,33 + 1,65$	12,24	29,69	4,04	81,71	89,95
Ukupno krupne klase	39,54	29,99	15,38	70,99	92,55

Preliminarni opiti, koji su vršeni na pojedinim potklasama dobijenim prosejavanjem na dijafragmnoj mašini taložnici tipa »Denver«, pokazali su da su i sitne klase pogodne za gravitaciono odvajanje azbesta. Isto tako pristupljeno je sistematskim kvantitativnim opitim.

Pošto suvo klasiranje na sitima manjeg otvora od 1 mm nije industrijski izvodljivo, to smo potrebno klasiranje izvršili na hidrauličnom klasifikatoru tipa »Fahrenwald«. Ovaj nam je dao tri klase sa različitim konačnim brzinama padanja zrna u vodenoj struji u vis i preliv koji je nosio zrna manja od 0,2 mm u prečniku. Azbest sadržan u prelivu, obzirom na finoću zrna, može se smatrati kao neupotrebljiv, te je ovaj preliv i tretiran kao jalovina.

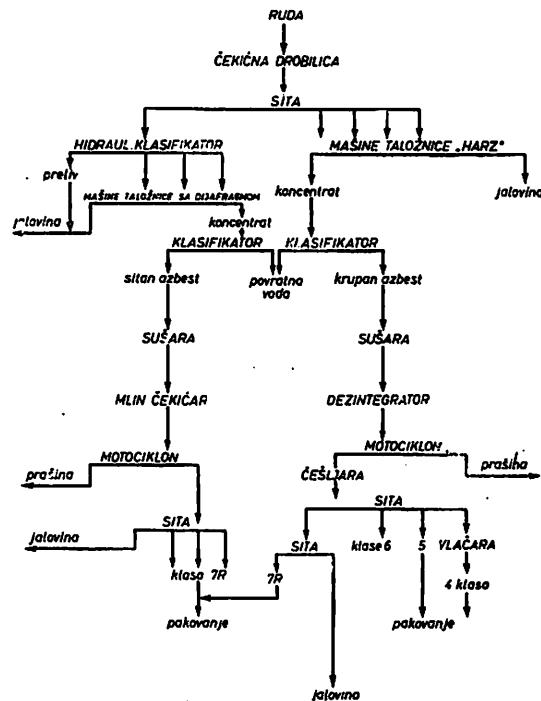
Dobijene tri klase su potom tretirane svaka zasebno u dijafragmnoj mašini taložnici tipa »Denver« koja je kao laki proizvod dala koncentrat azbesta, a serpentinu jalovinu kao proizvod koji je prolazio kroz veštacku posteljicu. Posle analize proizvoda dobili smo bilans koncentracije sitnih potklasa.

Tablica 3 pokazuje da se i iz sitnih klasa može uspešno dobiti koncentrat azbesta i da je isti zadovoljavajućeg kvaliteta izuzev kod klase III. Ispitivanja su, takođe, pokazala da se od ukupnog sadržaja azbesta u rudi 64% nalazi u sitnoj klasi —1,65 +0 mm.

Koncentrati azbesta iz pojedinih sitnih potklasa su posle sušenja dezintegrirani u mlinu čekićaru sa ugrađenim ventilatorom. Posle prosejavanja proizvoda mлина čekićara, koji je izvršio razvlaknjavanje azbesta iz koncentrata, dobili smo klasu azbesta 7 R. Težinski udeo ove klase, u odnosu na sitan koncentrat azbesta iz koga se dobija, iznosi 56% odnosno 12,28% u odnosu na ulaznu rudu —30 +0 mm.

Predložena nova šema tehnološkog procesa

Rezultati laboratorijskih opita koje smo izvršili omogućili su nam da predložimo potpuno novu šemu tehnološkog procesa za od-



Sl. 1 — Šema tehnološkog procesa gravitacione koncentracije azbesta „Stragari“.

Fig. 1 — Scheme of Flowsheet for gravity concentration of asbestos from Stragari.

vajanje azbesta na rudniku »Stragari«. Ova šema koju prikazujemo na sl. 1 u velikoj meri odstupa od današnjih klasičnih industrijskih procesa separacije azbesta. Naime, u predloženom postupku ruda azbesta posle primarnog drobljenja do 30 mm se ne suši već ide na klasiranje na sitima. Narešteni proizvodi sita odvode se na mašine taložnice

Tablica 3

Tretirani proizvodi	T % u odnosu na ulaznu rudu	% azbesta	T koncentrata u odnosu na ulaznu rudu %	% azbesta u koncentratu	Iskorisćenje azbesta u koncentratu
Klase I	23,71	31,88	8,29	70,83	78,37
Klase II	9,96	44,24	5,45	70,81	87,69
Klase III	11,56	41,67	8,38	54,25	94,44
Preliv	15,23	29,09	—	—	—
Ukupno	60,46	35,09	22,12	64,64	85,45

koje daju čistu jalovinu i koncentrat azbesta. Koncentrati azbesta se posle toga suše i odvode na čekićare iz kojih potom odlaze na sita za odvajanje azbesta od uklopljene jalovine. Azbest se zatim otprašuje i klasira u tržišne proizvode.

Podrešetni proizvod sita odlazi na hidraulični klasifikator koji daje tri zasebne klase i preliv koji se odbacuje. Svaka klasa odlazi u po jednu dijafragmnu mašinu taložnicu koje daju čistu jalovinu i koncentrat. Koncentrati ovih mašina se odvodnjavaju i suše, a zatim odvode u čekićare. Proizvod čekićara se otprašuje i predstavlja klasu 7 R.

Na osnovu podataka iz postojeće separacije u Stragarima i izračunatih podataka o proizvodnji azbesta prema ovde iznetim rezultatima laboratorijskih opita dajemo uporedne rezultate za postojeći i predloženi proces odvajanja azbesta (tablica 4).

Kao što se iz tablice 4 vidi naročito se veliko povećanje postiže kod najkrupnijih klasa azbesta primenjujući novo predloženi mokri postupak. Uzimajući sve zajedno predloženi mokri postupak omogućuje povećanje iskorišćenja azbesta za preko 2,5 puta iz iste količine rude.

Tablica 4

Uporedna tablica iskorišćavanja azbesta u rudi

Klasa mm	Postojeći suvi postupak			Klasa mm	Predloženi mokri postupak			Odnos mokri suvi %
	Koncen- trat iz rude %	Azbest u koncentratu %	Čisti az- best u kon- centratu %		Koncen- trat iz rude %	Azbest u koncen- tratu %	Čisti az- best u kon- centratu %	
+ 15,00	0,20	90,00	0,18	+ 10,00	3,10	66,94	2,07	1150,00
+ 5,00	3,00	80,00	2,40	+ 5,00	2,96	76,21	2,26	94,16
+ 3,50	3,00	75,00	2,25	+ 3,33	5,28	62,26	3,29	146,22
+ 1,50	5,00	60,00	3,00	+ 1,65	4,04	81,71	3,30	110,00
	11,20	70,00	7,83		15,38	70,99	10,92	139,50
— 1,50	6,80	50,30	3,42	— 1,65	22,12	85,45	18,90	552,60
Ukupno:	18,00	62,50	11,25		37,50	79,52	29,82	265,06

Zaključak

Predloženi mokri postupak gravitacione koncentracije azbesta pomoću mašina taložnica, čije su prednosti već utvrđene u laboratorijskom obimu, ima mnoge dobre strane kako u izrazito tehničkom tako i u ekonomskom pogledu, kada se uporedi sa postojećim klasičnim postupkom koji u praksi ne odgovara rudi azbesta iz Stragara.

Tehničko ekonomске prednosti predložene metode su sledeće:

- mokri postupak zahteva samo primarno drobljenje;
- ulazna ruda se ne suši već samo koncentrat azbesta koji predstavlja samo 37,5% od ulazne sirovine;
- izbegava se nepotrebno drobljenje jalovine;
- zbog mokrog postupka izbegava se stvaranje prašine u najvećem delu procesa;
- kvalitet koncentrata azbesta biće bolji, jer se dobar deo prašine spira u

toku mokrog postupka, a sa druge strane, azbest se ne drobi zajedno sa jalovinom, što takođe umanjuje mogućnost prljanja azbesta serpentinskom prašinom;

— postiže se visoko iskorišćenje azbesta i visok udio azbesta ostaje u obliku krupnih klasa.

Prema grubom proračunu vrednost bruto produkta u sadašnjoj separaciji iznosi oko 230 miliona dinara godišnje. Na osnovu orientacione procene, vrednost azbestnih proizvoda dobijenih mokrim postupkom iznosiće preko milijardu dinara godišnje na bazi godišnje prerade od 50 000 t rude.

Jednovremeno razne navedene tehničke prednosti mokrog postupka treba da snize proizvodne troškove za oko jednu trećinu. Koncentracija azbesta postupkom gravitacije u vodi predstavlja, prema tome, novo rešenje za uspešan rad separacije azbesta »Stragari« koje će se svakako potvrditi i u industrijskom obimu.

SUMMARY

A wet process for „Stragari” Asbestos separation

Dr ing. S. Marković*)

“Stragari” asbestos deposit is characterized by chrysotile asbestos of a specific structure of fibers known as “leather” asbestos. The present method of asbestos separation consists of crushing and desintegrating the ore. During this operation serpentine is reduced in size and separated from asbestos by screening. This process has many disadvantages, the main one being the low recovery of asbestos and the degrading of fiber. To overcome this, a new process was designed and tested on a laboratory level. It consists in primary crushing of the ore reducing it to minus 1 1/4 inch in size. Crushed ore is screened into a number of size classes and each class is separately treated in a jig. Through jiggling, the serpentine is separated as heavy product leaving asbestos on top as a light product. The reason for the differential stratification of asbestos and serpentine is the shape of asbestos fibre aggregates which have a platy appearance. The separated asbestos concentrate can be desintegrated free of serpentine and classified in the usual way. Thus, the recovery is almost doubled and the value of asbestos produced almost tripled. The new process is described in detail in the paper.



*) Dr ing. Stevan Marković, Rudarski institut, Zavod za PMS, Beograd.

Iz rudarske prakse

Dinamika izgradnje i usavršavanja pogona i tehnološkog procesa obogaćivanja antimonskih ruda zapadne Srbije

(sa 6 slika)

Prof. dr ing. Đura Lešić

Istorijat

Podrinjska antimonska rudišta zauzimaju veliko prostranstvo na području zapadne Srbije.

U podrinjskoj oblasti intenzivno se radilo za vreme Rimljana na dobijanju olovno srebrnosnih ruda. U srednjem veku rudarenje se nastavlja. Bila su poznata četiri trgovачka centra odakle se olovo i srebro izvozilo u Dubrovnik. To su bili: Zvornik, Zajača, Krupanj i Lipnik. Rudišta olova bila su eksplorisana tokom celog srednjeg veka sa postepeno smanjenim intenzitetom. U Krupnju je podignuta topionica olova koja je radila od 1873. do 1929. god. U dokumentima dubrovačkog arhiva pominje se 1445/46. Zajača kao rudište srebra sa nazivom »Saeza«, kada je Zajača bila dubrovačka kolonija. Danas se eksplorisu olovno-cinkove rude samo u rudniku Veliki Majdan. Rudište tog rudnika istraživano je 1935. god., otvoreno je 1953. i izgrađeno postrojenje za koncentraciju rude kapaciteta 100 t, a 1961. god. postrojenje je rekonstruisano na kapacitet 200 t/24 h.

Pojave antimona u podrinjskoj oblasti zapažene su mnogo docnije. Tek 1880. god. počelo se sa eksploracijom nalazišta antimona i to u vrlo skromnim razmerama. Godine 1935. rekonstruisana je stara topionica olova u Krupnju za antimon, a 1938. god. izgrađena je i nova topionica antimona u Zajači. Zajaču je pre rata eksplorisalo preduzeće

»Montania«, a Krupanj preduzeće »Podrinje Mines Ltd.«

Za vreme okupacije 1943. god. okupator je izgradio u Zajači postrojenja za koncentraciju antimonskih ruda postupkom gravitacije i ručnog odabiranja.

Za koncentraciju antimonskih ruda revira Krupanj izgrađena su i puštena u pogon posle rata dva postrojenja:

- 1949. godine na Stolicama, kapaciteta prerade rude 50 t/24 h;
- 1950. godine na Dobrom Potoku, istog kapaciteta kao na Stolicama.

Rad u topionici u Krupnju je obustavljen pre rata.

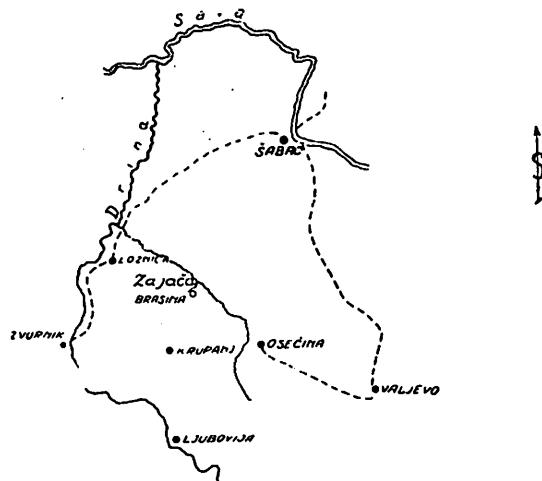
Proširenjem rudnih rezervi u reviru Krupanj, omogućeno je obustavljanje rada dva gore pomenuta postrojenja niskog kapaciteta i izgrađeno je na Stolicama novo postrojenje za koncentraciju antimonske rude, koje je pušteno u rad 1958. god. Ovo postrojenje radi i danas vrlo uspešno. Opis tehnološkog procesa biće dat u zasebnom poglavljju.

Za koncentraciju antimonskih ruda revira Zajača izgrađeno je posle rata i pušteno u pogon 1952. god. novo postrojenje u Brasini, dok je staro postrojenje u Zajači obustavljeno kao neekonomično. Ovo novo postrojenje i danas postoji, ali je u stalnoj rekonstrukciji. Opis tehnološkog procesa i izmene u tom procesu biće dati u zasebnom poglavljju.

Geografski položaj i komunikacije

Rudonosna antimonska zona Podrinja ima Dinarski pravac pružanja tj. SZ—JI, u dužini od oko 20 km. Na krajnjem severozapadnom delu ležišta prema Drini i Brasini na padini planine Gučeva nalaze se Brasinski rudnici, a u pravcu jugoistoka leži Centralni revir, sa rudištema Zavorje, Mamutovac, Štire i Biljava. Još dalje, na krajnjem jugoistoku leže rudnici Stolice i Dobri Potok.

Brasinski rudnik je udaljen 5,5 km od topionice u Zajači, a vezan je žičarom dužine 8 km sa postrojenjem za koncentraciju rude u Brasini. Ova žičara služi i za transport antimonskog koncentrata od Brasine do topionice u Zajači.



Sl. 1 — Skica lokacije Podrinjske antimonske zone.
Fig. 1 — Sketch of antimony ore-bearing Podrinje area.

Zajača je vezana automobilskim putem sa željezničkom stanicom u Loznicama (12,5 km), a Loznica željezničkom prugom do Rume za glavnu železničku magistralu.

Rudnik Stolice je udaljen 6 km od mesta Krupanj, a sam Krupanj vezan je putem preko Zavlake sa Zajačom u dužini od oko 60 km.

Kratak osvrt na geologiju antimonskih ležišta

Ceo rudonosni deo od Gučeva na krajnjem severozapadu do Dobrog Potoka na jugoistoku izgrađen je, uglavnom, od mlađih paleozojskih sedimenata i to karbona i perma, dok je trijas manje zastupljen. Ovaj teren odlikuje se vrlo složenom tektonskom strukturonom. Pored glavnih rasednih linija dinarskog pravca, postoje

i upravne i dijagonalne tektonske linije, koje su izdrobile i polomile do maksimuma sedimente, stvarajući na taj način tektonske breče. Pored prisustva granodioritskog masiva »Boranje« i većeg broja perifernih magmatiskih izliva, ovo je bio idealan teren za metamotsko formiranje antimonskih ležišta.

U svim plićim ležištima kao što su Brasina i Centralni revir sa rudnicima Zavorje, Mamutovac i Padine, ruda je, uglavnom, zastupljena oksidima antimona.

Sulfidni antimon javlja se sa rudom Stolice i Dobri Potok i to na većim dubinama.

Rudne rezerve A, B i C₁ iznosile su početkom 1961. godine oko 1.000.000 tona sa oko 3,0% Sb.

Eksploracija antimonskih ležišta

Metoda otkopavanja, koja se primjenjuje u rudnicima antimona, je metoda vađenja rude horizontalnim slojevima odozgo na dole i krovnim zarušavanjem. Ova metoda je specifična za rudnike Centralnog revira i Brasine. Ruda se, naime, javlja u vidu jako nagnutih pločastih mineralizovanih zona na kontaktu podinskog krečnjaka i povlatnog škriljca. U Stolicama oruđenje se javlja u strkim kontaktima između podinskih krečnjaka i raspadnutih eruptiva u podini.

Za utovar rude u otkopima Centralnog revira primjenjuju se mali skreperski vitlovi koji rade na komprimovani vazduh. Ventilacija je prirodna, a odvodnjavanje se vrši preko najniže otvorenih horizonata. Izuzetak čini rudnik Stolice, koji ima slepo izlazno okno i gde se pumpa voda. Na održavanju jamskih prostorija, najveća stavka u ceni koštanja je jamska građa. Kapaciteti transportnih uređaja znatno su veći od sadašnje proizvodnje rude.

Mineraloški i hemijski sastav antimonskih ruda, kao i njihove strukturno-teksturne osobine

Rude rudnika Stolice. — U rudniku Stolice zastupljena je, uglavnom, ruda antimona i to sa stibnitom Sb_2S_3 , spec. težine 4,55. Srednji sadržaj antimona u rudi iznosi oko 2,5% Sb.

Mineral pratilac stibnita je pirit, FeS_2 u neznatnim količinama. Minerali jalovine su silifikovani krečnjak, kalcit i nešto raspadnutog porfirta. Ruda spada u red lako drobljivih i relativno vrlo krtih stena.

Strukturno-teksturne osobine rude su takvog vida, da za proces koncentracije stibnita postupkom flotacije zahtevaju otvaranje drobljenjem i mlevenjem do finoće proseva kroz sito sistema Tyler br. 65 tj. do g.g.k. 0,208 milimetara.

Hemijski sastav rude u proseku je sledeći:

Sb	2—3%
As	0,01—0,03%
S	2—3%
Pb	trag — 0,05%
Fe	1—2%
SiO ₂	35—40%
MgO	0,5—1%
Al ₂ O ₃ , O ₂ , CO ₂ i dr. . .	25—30%

Specifična težina rude je 2,7. Zapreminska težina za rovnu rudu iznosi 1,9.

Rude Centralnog revira i Brasine. — Rude iz rudnika Centralnog revira sadrže 2—3% metalnih minerala pretežno antimonovih. Antimonovi minerali pretežno su oksidni: senarmontit i valentinit Sb₂O₃, spec. težine 4,5 i servantit Sb₂O₄, spec. težine 4,5; stibnit Sb₂S₃ u raznim stepenima oksidacije predstavlja svega 20% ukupnih minerala antimona sadržanih u rudi. Jalovina je zastupljena pretežno sa silifikovanim krečnjakom, a često je prošarana igličastim kristalima antimonovih minerala.

Strukturno-teksturne osobine rude su vrlo složene. Usled velike razlike u tvrdini i drobljivosti minerala antimona i minerala u jalovini, kao i zbog zrakastog prorastanja antimonovih minerala u jalovini, otvaranje rude drobljenjem i mlevenjem je vrlo teško. Delimično otvaranje rude (oko 70—75%) postiže se grubim mlevenjem do finoće proseva kroz sito sistema Tyler br. 65 tj. do g.g.k. 0,208 mm. Za potpuno otvaranje rude potrebno je mlevenje do g.g.k. oko 0,075 mm.

Hemijski sastav rude u proseku je sledeći:

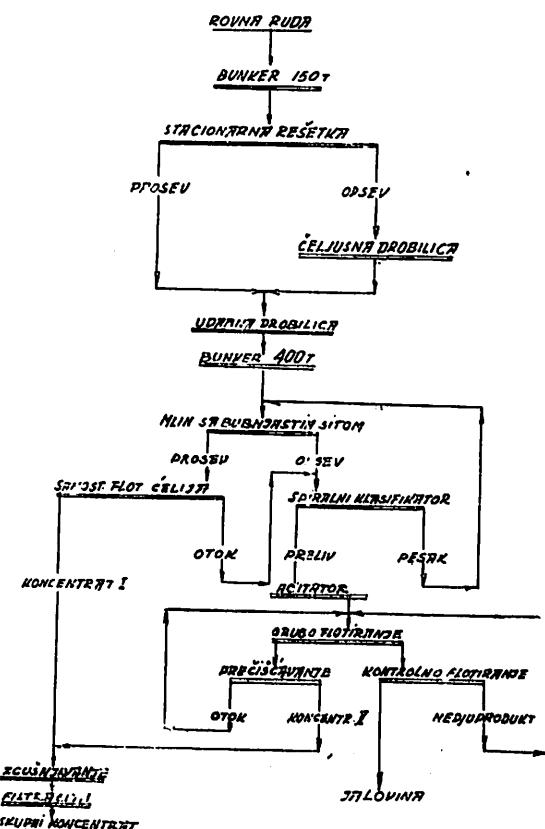
Sb	2—3% (20% u vidu sulfida, 80% u vidu oksida)
As	0,04—0,08%
S	0,5—1,0%
Pb	trag
Fe	1—2%
nerastvorljivo .	85—90%

Specifična težina rude iznosi 2,7 a zapremina težine rovne rude 1,9.

Odnos ruda u procesu obogaćivanja za rudu iz Centralnog revira i Brasine iznosi 4 : 1.

Novo postrojenje i šema tehnološkog procesa tretiranja sulfidne rude antimona na Stolicama

Postrojenje za obogaćivanje sulfidne antmonske rude rudnika Stolice je klasičnog tipa. Iz tih razloga ne dajemo detaljan opis tehnološkog postupka, već samo crtanu šemu (sl. 2).



Sl. 2 — Šema tehnološkog procesa koncentracije sulfidne antmonske rude — pogon Stolica.

Fig. 2 — Scheme of Flowsheet for concentration of sulphide antimony ores. Operation plant Stolica.

Kapacitet postrojenja je 200 t/24 h. Pretežan deo mašina i opreme izrađen je u našoj zemlji. Neke mašine uvezene su iz susedne NR Mađarske (klasifikator i flotacione mašine tipa Ganz).

Bilans metala u procesu prerade dat je u tablici 1.

Tablica 1

Proizvodi	T %	Sb %	Raspodela
Ulagana ruda	100,0	2,50	100,00
Koncentrat	4,14	55,00	91,00
Jalovina	95,86	0,23	9,00

Flotacioni reagensi u upotrebi su: natrijum karbonat, olovni acetat, bakra sulfat, amil ksantat i flotanol F.

Koncentrati antimona prevoze se kamionima u postojeću topionicu i rafineriju u Zajači.

Staro postrojenje i tehnološki proces obogaćivanja ruda u Zajači

Kao što je rečeno u uvodu ovog članka, prvo postrojenje za obogaćivanje antimonских ruda podignuto je od strane okupatora 1943. god. u Zajači. Kapacitet postrojenja iznosio je 150 t rovne rude na dan.

Tehnološki proces obogaćivanja rude dat je u sl. 3.

Rovna ruda klasirana je u tri klase krupnoće: I — minus $150 + 20$ mm, II — minus $20 + 1,5$ mm i III — minus $1,5 + 0$ mm.

Krupne klase ($-150 + 20$ mm) ispirane su na situ vodom i koncentrisane ručnim odbiranjem na čeličnoj žičanoj traci. Odvajani su koncentrati, međuproizvod i jalovina.

Srednje krupne klase ($-20 + 1,5$ mm) tretirane su u mašinama taložnicama tipa »Harz«. Odvajani su koncentrati, međuproizvodi i jalovina. Bogatiji međuproizvodi sa oko 4% Sb slani su, kao i koncentrati, na dalju metaluršku preradu u topionicu.

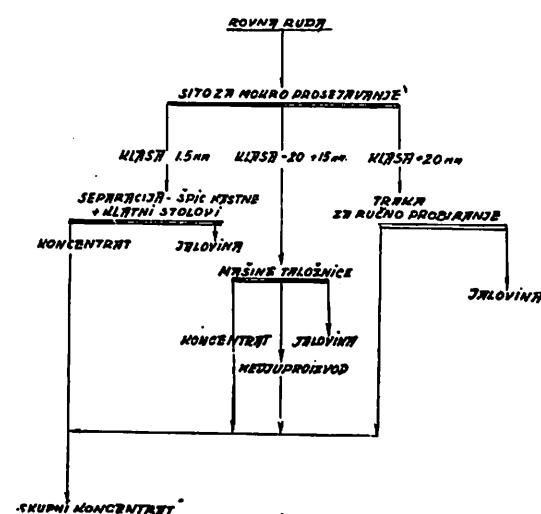
Sitne klase ($-1,5 + 0$ mm) koncentrisane su u špicastenu i na klatnim stolovima.

Iskorišćenje metala u ovom postrojenju iznosilo je svega 45—55% Sb, u zavisnosti od kvaliteta i fizičkih osobina prerađene rude. U slučaju tretiranja relativno siromašnih ruda sa pretežno oksidnim mineralima antimona iskorišćenje metala dostizalo je i svega 30—35% Sb.

Potrošnja vode u ovom postrojenju bila je vrlo visoka, a usled nedostatka vode postrojenje nije radilo u letnjim mesecima. Proizvodni troškovi do finalnog proizvoda —

antimon regulusa — bili su vrlo visoki — na granici rentabiliteta.

Perspektivnim planom proizvodnje i prerade rude antimona u 1950. god. bilo je pred-



Sl. 3 — Šema tehnološkog procesa koncentracije sulfidno-oksidsne antimonske rude — stari pogon u Zajači.
Fig. 3 — Scheme of Flowsheet for concentration of sulphide oxyde antimony ores. Old Zajača plant.

viđeno da ovo postrojenje obustavi rad i da se na Drini, u mestu Brasina, izgradi novo i savremenije postrojenje za preradu sulfidno-oksidsnih ruda antimona.

Novo postrojenje i tehnološki proces obogaćivanja ruda antimona u Brasini

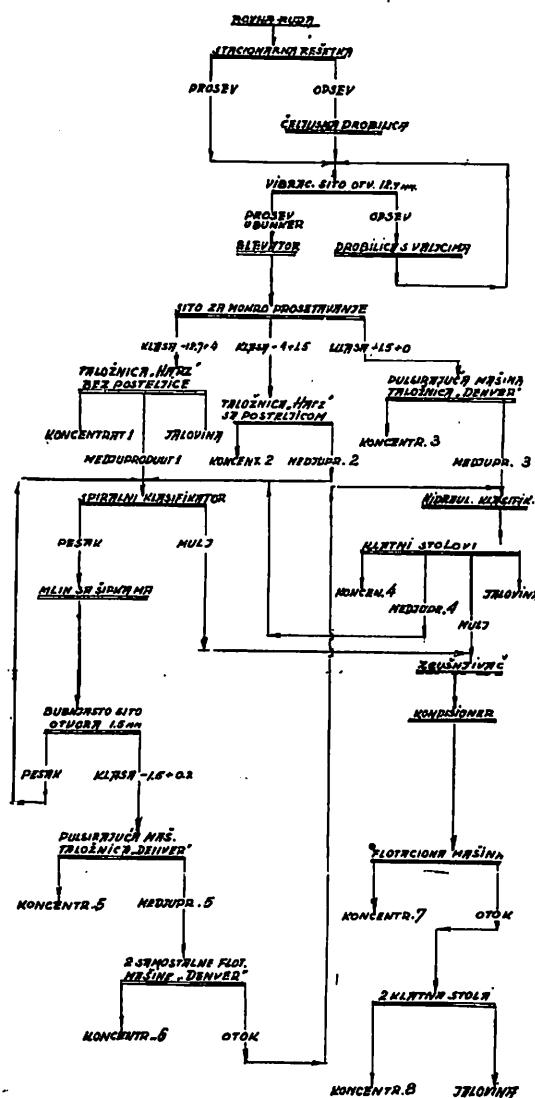
Na bazi iskustava u vezi sa obogaćivanjem sulfidno-oksidsnih ruda antimona u postrojenju u Zajači i na bazi novih laboratorijskih istraživanja od strane američke firme »Denver Co« u državi Kolorado, ista firma isporučila je novu opremu, koja je ugrađena u novo postrojenje u Brasini.

Kapacitet postrojenja Brasine, koje je pušteno u pogon 1952. godine, iznosi 200 t/24 h.

Tehnološki proces obogaćivanja rude prikazan je na sl. 4.

Rovna ruda, dopremljena žičarom stokirana je u bunkeru. Bunker je napajao odeljenje drobljenja. Ovo odeljenje obuhvatalo je primarno drobljenje u čeljusnoj drobilici tipa Blacke i sekundarno u drobilici sa valjcima. Sekundarno drobljenje vršeno je u zatvorenom krugu vibrirajućim sitom otvara 12,7 mm. Proizvod drobljenja stokiran je u bunkeru za sitnu rudu.

Odeljenje za koncentraciju sulfidno-oksidne rude antimona sastojalo se iz dve sekcije: sekcijs za gravitacionu koncentraciju za oksidne minerale i iz sekcijs za koncentraciju postupkom flotacije za sulfidne minerale.



Sl. 4 — Sema tehnološkog procesa koncentracije sulfidno-oksidne antimonske rude — novi pogon Brasina.
Fig. 4 — Scheme of Flowsheet for concentration of sulfide oxyde antimony ores. New plant at Brasina

Sekcija gravitacione koncentracije. — Izdrobljena ruda do g.g.k. 12,7 mm podvrgnuta je prvo mokrom prosejavanju i klasiranju u tri klase za dalju prerađu i to:

Klase — $12,7 + 4 \text{ mm}$ za koncentraciju u dve mašine taložnice, tipa Harz, u seriji. Proizvodi dobijeni u ovom koncentratu su: krupnozrni koncentrat, međuproizvod i jalovina. Koncentrati su, kao i jalovina, predstavljeni gotov proizvod, dok su međuproizvodi dalje tretirani.

Klase — $4 + 1,5 \text{ mm}$ tretirana je, takođe, u mašini taložnici tipa Harz, sa razlikom što je u prvim bila autohton posteljica, dok je u ove druge postavljena veštačka posteljica od zrnastog hematita. Ovaj koncentrator davao je samo koncentrat antimona kao gotov proizvod i međuproizvod koji je dalje tretiran.

Klase — $1,5 + 0 \text{ mm}$ tretirana je u pulsirajućoj mašini taložnici tipa Denver. Ovaj koncentrator davao je koncentrat antimona kao međuproizvod i otok koji je dalje tretiran.

Otok pulsirajuće mašine taložnice odvođen je u samostalnu flotacionu mašinu tipa Denver Sub. A. U ovom koncentratoru odvajani su, uz dodatak potrebnih flotacionih reagensa, sulfidi antimona kao gotov proizvod i otok. Otok je otpremljen gravitacijom na dalje tretiranje tj. odvajanje minerala antimona.

Otok samostalne flotacione čeliće odvođen je u hidraulični klasifikator tipa Humboldt. Ovaj klasifikator napajao je sirovinom seriju od 6 klatnih stolova tipa Wilfley. Klatni stolovi izdvajali su: sitnozrne koncentrate oksidnih minerala, međuproizvode koji su dalje tretirani i definitivnu jalovinu i mulj.

Međuproizvodi izdvojeni u fazama gravitacione koncentracije objedinjeni su u mehaničkom spiralnom klasifikatoru tipa Denver. Klasifikator je radio u zatvorenom kruugu sa mlinom koji je vršio mlevenje čeličnim šipkama kao drobećim telima. Mlevenje je vršeno do g.g.k. $1,5 \text{ mm}$. Mlivo pomenutog mlina klasirano je bubenjastim sitom otvora $0,2 \text{ mm}$ koje je bilo koaksijalno pričvršćeno na usta izlaza mlina; krupne klase — $1,5 + 0,2 \text{ mm}$ odvođene su neposredno u pulsirajuću mašinu taložnicu tipa Denver, koja je davala gotov koncentrat i otok, koji je objedinjen sa prosevom bubenjastog sita. Prelivi spiralnog klasifikatora i prosevom bubenjastog sita sa otokom pulsirajuće mašine taložnice ugrađene na strani izlaza iz mlina, upućivani su u drugu sekцијu koncentracije minerala antimona postupkom flotiranja.

U sekciji gravitacione koncentracije treirana je i jalovina iz sekcije flotiranja, i to na klatnim stolovima (2 kom).

Sekcija flotiranja minerala antimona. — Međuproizvodi i otoci iz gravitacione koncentracije tj. preliv spiralnog koncentratora iz sistema mlevenja, prošev bubnjastog sita na izlazu mliva iz mlina i otok pulsirajuće mašine taložnice ugrađene na strani izlaza mliva iz mlina, upućeni su prvo u zgušnjivač prečnika 9 m na zgušnjanje pulpe na odnos $C:T = 1:1$.

Zgušnjena sirovina odvođena je na kondicioniranje u kondicioner tipa Denver, i to u vidu pulpe sa 30% čvrste materije.

Kondicionirana pulpa odvođena je uz dodatak potrebnih flotacijskih reagenasa (aktivatora, kolektora, i penušača) u flotacionu mašinu tipa Denver Sub A, 8 celija u proces grubog flotiranja i dva uzastopna prečićavanja. Procesom flotiranja dobijena su dva proizvoda: koncentrat sulfida antimona i jalovina.

Koncentrat sulfida antimona je filtriran pomoću diskovog vakuum filtera i uskladišten u odgovarajući bunker.

Jalovina dobijena u procesu flotiranja treirana je potom zasebno u sekciji za gravitacionu koncentraciju na bateriji od dva automatska stola prevrtiča tipa Buckmann. Ovi stolovi su davali siromašan koncentrat, koji je dopunski prečićavan na dva klatna stola tipa Wilfley i definitivnu jalovinu koja je odvođena na jalovište.

Kvaliteti koncentrata i iskorišćenja metala u pojedinim mašinama sekcije gravitacione i flotacione koncentracije prikazani su u tablici 2.

Tablica 2

Mašina za koncentraciju	Sb %	Iskorišćenja u % ulaznog Sb
Taložnica Harz I i II	11,0	12,2
Taložnica Harz III (veštačka posteljica)	14,6	21,1
Pulsirajuća taložnica No. 2	12,8	10,4
Pulsirajuća taložnica No. 3	11,5	3,0
Klatni stolovi br. 1—4	14,1	8,3
Klatni stolovi br. 5 i 6	10,9	1,4
Flotacija	19,4	6,6
Ukupno	14,0	63,0

Ukupni bilans metala dat je u tablici 3.

Tablica 3

Proizvod	Težina %	Sb %	Raspodela % Sb
Ulažna ruda	100,0	2,1	100,0
Koncentrat	9,45	14,0	63,0
Jalovina	90,55	0,84	37,0

Utrošak flotacionih reagenasa bio je:

Sulfat bakra . . .	75 g/t
Etil ksantat . . .	35 g/t
Fozokrezol B . . .	65 g/t
Kreozotno ulje . . .	129 g/t
Vodenostaklo . . .	59 g/t
Separan NPlo (u zgušnjivač) . . .	20 g/t

Snabdevanje vodom vrši se iz reke Drine pumpama tipa Garvens 1.000 l/min, preko dva rezervoara za vodu $2 \times 200 \text{ m}^3$. Korišćene su i povratne vode iz zgušnjivača.

Snabdevanje energijom vrši se iz dalekovoda 6 KV preko transformatorske stanice u Zajači (400 KVA 6/0,4 KV).

Prva faza poboljšanja tehnološkog procesa koncentracije ruda antimona u Brasini

Iz opisa tehnološkog procesa koncentracije rude antimona u Brasini vidi se:

- da je pogon neobično složen;
- da su kvaliteti koncentrata, 14% Sb, a naročito iskorišćenje metala vrlo slabih (63,0% Sb);
- da se može lako izvući zaključak da su proizvodni troškovi usled velike složenosti procesa vrlo visoki.

Već u toku prve godine rada ovog vrlo složenog postrojenja uvidela se potreba za poboljšanjem i usavršavanjem šeme tehnološkog procesa. Glavni gubici metala, kako je to utvrđeno, nalazili su se u jalovini i u sitnim klasama.

U cilju poboljšanja iskorišćenja oksidnih minerala sadržanih u sitnim klasama, sekcija klatnih stolova, za koju je ustanovljeno da radi sa suviše velikim tovarom, dopunjena je spiralama Humphreys.

Koncentratori tipa spirala Humphreys, kao i stolovi prevrtiči tipa Buckmann, nisu dali očekivane rezultate i konačno su izbačeni iz pogona.

Pristupilo se laboratorijskim studijama a po predlogu Rudarskog fakulteta u Beogradu, Katedre za pripremu mineralnih sirovina, da se ispita mogućnost zamene do-sadašnjeg procesa gravitacione koncentracije za oksidne minerale i flotacione koncentracije za sulfid antimona sa gravitacionom koncentracijom krupnih klasa rude u teškoj sredini ferosilicijuma, zadržavajući klatne stolove za sitne klase, i izbacujući proces flotacije sulfida iz pogona.

Laboratorijski opiti, sa tako postavljenim zadatakom izvršeni su u Beogradu, poluindustrijski opiti u Brasini i konačno industrijski opiti u odeljenju koncentracije u teškoj sredini u postrojenju rudnika Mežica. Svi ovi rezultati dali su ohrabrujuće rezultate.

Druga faza poboljšanja tehnološkog procesa koncentracije ruda antimona u Brasini

Nakon što su izvršene obimne studije u vezi zamene postojećeg tehnološkog procesa obogaćivanja ruda antimona u Brasini, pristupilo se izradi programa rekonstrukcije sa idejnim projektom postojećeg postrojenja, s tim da se ugradi oprema za gravitacioni postupak u teškoj sredini, zadrže pulsirajuće mašine taložnice i klatni stolovi, a izbace iz pogona mašine taložnice tipa Harz, zatim sistem mlevenja — mlin klasifikator kao i mašine i uređaji za flotiranje mlevenih međuproizvoda i jalovine.

Ekonomika programa rekonstrukcije pogona pokazala je da se može očekivati pri istim ili nešto boljim pokazateljima iskorišćenja metala, znatno sniženje u proizvodnim troškovima procesa koncentracije rude. Troškovi prve prerade rude u pogonu koncentracije trebalo je da se smanje za oko 1.200— din/t rude.

Rekonstrukciji pogona pristupilo se krajem januara 1961. godine, ugrađena je i puštena u rad nova sekcija gravitacione koncentracije krupnih klasa rude u teškoj sredini ferosilicijuma.

Nova šema tehnološkog procesa prerade ruda antimona data je na slici 5.

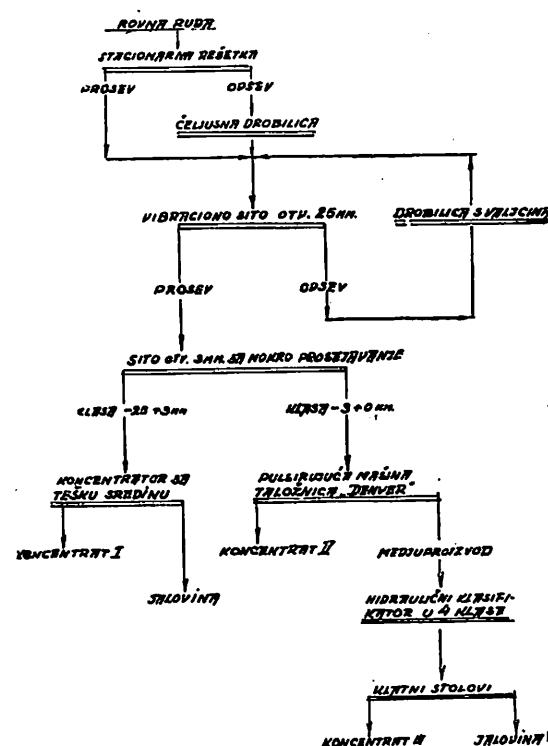
Rovna ruda koja se dovozi žičarom, stokira se u postojeći prihvativi bunker. Ruda potom odlazi na primarno drobljenje u postojeću čeljusnu drobilicu do g.g.k. 40 mm. Izdrobljena ruda transportuje se postojećom konvejerskom trakom direktno u odeljenje gravitacione koncentracije u teškoj sredini ferosilicijuma.

Novi uređaji za koncentraciju sulfidnih i oksidnih minerala antimona rude Brasina i Centralni revir isporučena je od američke firme »The Ores and Chemical Co.«.

Ovi uređaji obuhvataju vibrirajuće sito Allis Chalmers na kojem se vrši mokro prosejavanje izdrobljene rude u dve osnovne klase:

- krupna klasa — 25 + 3 mm i
- sitna klasa — 3 + 0 mm.

Krupna klasa odvojena na situ odlazi gravitacijom u sud tipa OCC na odvajanje u suspenziji spec. težine 2,85. Jalovina koja pliva i koncentrat koji tone odvode se iz suda



Sl. 5 — Šema tehnološkog procesa koncentracije sulfidno-oksidsne antimonske rude — rekonstruisani pogon Brasina (teška sredina za krupne klase)

Fig. 5 — Scheme of Flowsheet for concentration of sulphide oxide antimony ores. Reconstructed Brasina plant (heavy medium for coarse-size classes)

OCC automatski gravitacijom na vibrirajuće sito, takođe, tipa Allis Chalmers radi otkapanja suspenzije, i radi ispiranja suspenzoida tj. Fe-Si. Sito je podeljeno uzdužnom pregradom na dva dela. Laki i teški proizvodi tj. jalovina i koncentrat odvode se dalje gra-

vitacijom i to na jalovište, a koncentrat u bunker i iz ovog žičarom u topionicu u Zajču. Otkapana suspenzija vraća se u zatvorenom krugu na ponovnu upotrebu. Isprani suspenzoid odlazi u spiralni klasifikator radi koncentracije, potom u magnetni koncentrator radi regeneracije. Konačno, suspenzoid prolazeći kroz demagnetizator odlazi u konusni sud — rezervoar suspenzije, odakle se pomoću pumpe odvodi u sud OCC na ponovnu upotrebu. Ovim je završena operacija koncentracije krupnih klasa.

Sitne klase ($-3 + 0$ mm) odvode se gravitacijom ispod primarnog sita, koje vrši ispiranje i klasifikaciju rude, u ranije postojjeću pulsirajuću mašinu taložnicu, potom u hidraulični klasifikator tipa Humboldt, a pojedine hidraulične klase odvode se na seriju od 6 klatnih stolova. Međuproizvodi klatnih stolova odvode se na prečišćavanje na 4 novo ugrađena klatna stola. Koncentrati se skupljaju u bunker za koncentrate, a jalovina se odvodi na jalovište.

Kao što se iz izloženog opisa tehnološkog procesa tretiranja sulfidno-oksidnih minerala antimona brasinske rude vidi, proces je neverovatno uprošćen u odnosu na raniji proces, koji je primenjivan po predlogu firme Denver iz Kolorada, SAD.

Rekonstruisano postrojenje u Brasini počelo je raditi, kao što je ranije rečeno, januara 1961. god. U toj protekloj godini i u prvoj polovini 1962. god. učinjeni su veliki napor da se ovlada procesom i da se isti usavrši.

Bilans metala u I preradi rude, u toku poslednja 4 meseca prikazan je tablicom 4.

Tablica 4

Proizvodi	Težina %	Sb %	Raspodela % Sb
Ulagana ruda	100,00	1,54	100,00
Koncentrat iz OCC	7,07	10,50	48,18
Koncentrat sitnih klasa pulsirajuća mašina talož. i klatni stolovi	1,37	16,0	14,22
Jalovina	91,56	0,63	37,60
Skupni koncentrat	8,44	11,38	62,40

Upoređivanjem ovog bilansa metala sa bilansom metala na staroj šemi tehnološkog vrlo kompleksnog procesa može se konstatovati:

- da je sadržaj metala u ulaznoj rudi znatno opao, od ranijih 2,10% na sadanjih 1,54% Sb;
- da je kvalitet koncentrata neznatno snižen, od ranijih 14,0% Sb na sadanjih 11,38%;
- da je težinsko iskorišćenje koncentrata antimona ostalo u zadovoljavajućim granicama;
- da se iskorišćenje metala od ranijeg 63,0% neznatno izmenilo na sadanjih 62,4% (ovde treba voditi računa o činjenici, da je sadržaj Sb % u ulaznoj rudi znatno opao od 2,10% Sb na 1,54% Sb; treba napomenuti i činjenicu, da preduzeće sada prerađuje u pogonu pored sveže rude i jalovinu sa starih halda, koja datira iz doba okupacije kada je ruda prerađivana u starom gravitacionom postrojenju u Zajači);
- da je sadržaj korisnog metala u jalovini snižen od ranijih 0,84% Sb na sadanji 0,63% Sb (i pored nižeg sadržaja Sb u ulazu).

U procesu gravitacione koncentracije postupkom u teškoj sredini utrošak materijala iznosi: Fe—Si = 280 g/t ulazne rude i svega 10 kWh/t rude prema ranijem utrošku od 45 kWh/t rude. Broj radnog osoblja je smanjen od ranijih 100% na svega 50%, jer celo postrojenje radi svega u jednoj osmočasnoj smeni umesto 3 smene.

Ne ulazeći u detalje proizvodnih troškova, već iz gornje činjenice proizilazi da su ti troškovi mnogo smanjeni. Pogon u Brasini radi i dalje po ovom uprošćenom i ekonomičnijem postupku.

Treća faza poboljšanja tehnološkog procesa koncentracije ruda antimona Brasine

I pored izvesnih preimуществa koja ima rekonstruisani pogon Brasina nad starim postupkom firme Denver, tehničko rukovodstvo preduzeća nije se u potpunosti zadovoljilo uspesima na unapređenju proizvodnje.

Dalja studija usavršavanja tehnološkog procesa u Brasini poverena je Rudarskom institutu u Beogradu — Zavodu za pripremu mineralnih sirovina.

Učinjen je nov predlog: izučiti mogućnost koncentracije brasinske rude pod sledećim uslovima:

- smanjiti g.g.k. izdrobljene i za koncentraciju pripremljene rude od sadanjih 25 mm na svega 12 mm;
- promeniti dijapazon raspona krupnoće rude koja se tretira u koncentratoru OCC od sadanjih — 25 + 3 mm sa 70% težinskih udela na — 12 + 0,8 mm sa 90%, s tim da se koncentrator OCC zameni hidrociklonom tipa Turpinson;
- ispitati proces koncentracije rude pomoću Turpinson-a u pogledu pokazatelja: kvalitet koncentrata, iskorišćenje metala Sb u koncentratu i odrediti kretanje proizvodnih troškova u novom procesu;
- samom izmenom tretiranja rude klase krupnoće — 12 + 0,8 mm u Turpinson-u smanjiće se težinski ideo sitne klase koju treba i dalje tretirati na klatnim stolovima, tako da će postojeći stolovi moći raditi sa manjim opterećenjem.

Kako Zavod za PMS Rudarskog instituta u Beogradu ne raspolaže sa koncentratorom tipa Turpinson, obratio se firmi PIC, Ingénieur Constructeurs, Fontainebleau-Avon u Francuskoj. Ova firma, koja je nosilac licencе aparata Turpinson i koja poseduje opitnu stanicu za rude i ugajl prihvati se opita koncentracije rude antimona Brasina pomoću pomenutog tipa hidrociklona.

Laboratorijski opiti izvršeni sa industrijskim tipom hidrociklona Turpinson dali su sledeće rezultate:

Ispitivana je ruda krupnoće:

+10	0,14%
Klasa —10 + 0,8	89,86%
—0,8 + 0	10,00%

Hemijski sastav ispitivane rude bio je sledeći:

Sb	1,744
As	0,04

Opiti koncentracije vršeni su sa ferosilicijumom pri specifičnoj težini odvajanja 2,8.

Bilans metala postignut u procesu koncentracije pomoću Turpinson-a dat je u tablici 5.

Iz postignutih rezultata, ukoliko se proces Turpinson primeni na rudu Brasine, mogu se očekivati sledeća preim秉stva u odnosu na postojeći proces koncentracije krupnih klase pomoću uređaja OCC:

- da se primenom procesa Turpinson smanji ideo sitnih klasa — 0,8 + 0 mm na svega oko 10% težinskih udela u odnosu na rovnu rudu;
- da postojeći klatni stolovi, koji treba da tretiraju umesto klasu — 3 + 0 mm sa 30% težinskih udela u odnosu na rovnu rudu, sada tretiraju klasu — 0,8 + 0 mm sa 10% težinskih udela; usled toga povećaće se efikasnost koncentracije postojećih 10 klatnih stolova;
- da se tretiranjem bolje otvorene rude (otvaranje do g.g.k. 12 mm umesto ranije g.g.k. 40 mm) postupkom u teškoj sredini Fe-Si postiže i bolje iskorišćenje (71,59% Sb umesto ranijih 62,4% Sb). Samim tim, pri skoro istom težinskom iskorišćenju koncentrata, gubici metala u jalovini opadaju. Ranija jalovina sa 0,62% Sb sada pokazuje pri upotrebi Turpinson-a sadržaj od svega 0,50% Sb.

Razmatrajući zamenu procesa gravitacione koncentracije krupnih klasa — 25 + 3 mm u koncentratoru tipa hidrociklona Turpin-

Tablica 5

Proizvodi	Težine %	Sb %	Raspodela % na Sb	Primedba
Ulagana ruda	100,00	1,744	100,00	
Klasa —10 + 0,8 mm	90,00	1,716	88,57	za Turpinson
Klasa —0,8 + 0 mm	10,00	2,000	11,43	za klatne stolove
Koncentrat Turpinson (klasa —10 + 0,8 mm)	9,25	12,307	65,25	
Jalovina Turpinson (klasa —10 + 0,8 mm)	80,75	0,520	24,02	
Koncentrat klatnih stolova (klasa —0,8 + 0 mm)	0,69	16,000	6,34	
Jalovina klatnih stolova (klasa —0,8 + 0 mm)	9,31	0,966	4,39	
Koncentrat Ukupno	9,94	12,400	71,59	
Jalovina Ukupno	90,06		28,41	

son, pri čemu se koncentrišu sitnije klase — $12 + 0,8$ mm, oba procesa u teškoj sredini Fe—Si, kao i postignute tehnološke rezultate koncentracije nameće se zaključak:

- da će se primenom hidrociklona tipa Turpinson još više pojednostaviti tehnološki proces, u odnosu na sadašnji, i
- da će se postići bolji rezultati u pogledu pokazatelja koncentracije tj. bolje iskorišćenje Sb metala u koncentratu;
- da se povećanjem iskorišćenja, primenom hidrociklona Turpinson, u iznosu od svega 9% u odnosu na metal u ulaznoj rudi postiže sledeći efekat u višku prema sadašnjem postupku.

9% iskorišćenja Sb na rudi sa planiranim prosečnim sadržajem od 2% Sb daje:

— Kod pripreme 60.000 t rude sa 2% Sb pri povećanom iskorišćenju od 10% u 108 t metala u koncentratu.

— Vrednost metala posle prerađe koncentrata u antimon regulusu iznosi 50,000.000.— din. od čega 13,600.000 predstavljaju topionički troškovi, a ostalo je čista dobit tj. 36,400.000.— din/god.

Već i sam ovaj višak bruto vrednosti od 50,000.000 din. opravdava zamenu postojećeg procesa novim procesom koji se predlaže.

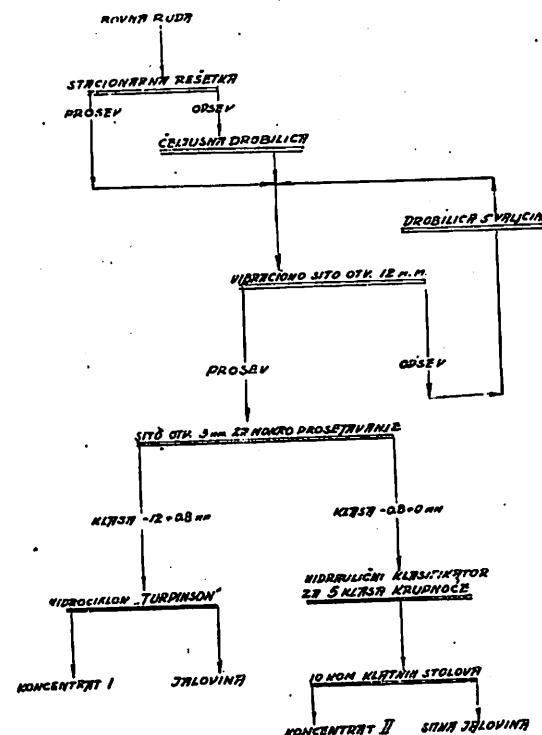
Na predlog Zavoda za PMS, direkcija rudskega basena Zajača u Loznicu donela je odluku da prvo izvrši jedan industrijski opit koncentracije sulfidno-oksidne rude antimona iz Brasine i Centralnog revira, sa tonazom od oko 20 t u Francuskoj i da potom pristupi rekonstrukciji postojećeg postrojenja.

U pogledu aparature, treba samo staviti u pogon već postojeću drobilicu sa valjcima, zameniti mreže na već postojeća dva vibrirajuća sita, a sud OCC za krupne klase zameniti sa dve hidrociklonske cevi tipa Turpinson. Uređaji za sitne klase tj. klatni stolovi zadržavaju se bez promene. Investicije za ugradnju uređaja Turpinson iznosiće oko 30,000.000 N Fr.

Dalja ispitivanja na jalovini (sitne klase) dobijenoj iz procesa gravitacione koncentracije pomoću Turpinsona i na klatnim stolovima predmet su daljeg rada. Pitanje je, da li se daljim otvaranjem sitnozrne jalovine koja sadrži u proseku oko 0,50% Sb i daljom koncentracijom mogu smanjiti gubici u jalovini. Prva ispitivanja nisu dala dobre re-

zultate. Glavni razlog ovome jesu vrlo fine impregnacije antimonovih minerala u silificiranoj jalovini.

Rezultati ovih ispitivanja, zajedno sa rezultatima ugradnje Turpinsona u pogonu Brasina, biće izneti svojevremeno.



Sl. 6 — Sema tehnološkog procesa koncentracije sulfidno-oksidne antimonske rude — nova izmena u već jednom rekonstruisanom pogonu Brasina. Zamena koncentratora za krupne klase sa Turpinsonom za sitne klase.

Fig. 6 — Scheme of Flowsheet for concentration of sulphide oxyde antimony ores. New change in already reconstructed Brasina plant. The coarse-size classes concentrator substituted with the Turpinson for small-size classes.

Zaključak

U članku su prikazani pozitivni rezultati dinamike usavršavanja tehnološkog procesa obogaćivanja sulfidno-oksidnih minerala antimona iz ležišta u oblasti Podrinja u zapadnoj Srbiji.

Dat je istorijat izgradnje postrojenja za pripremu ruda antimona. Izložene su pojedine faze procesa usavršavanja u tim ili novo izgrađenim pogonima: od klasičnog pogona sa ručnim odabiranjem i mašinama taložni-

cama i klatnih stolova prešlo se na kompleksno postrojenje sa mašinama taložnicama tipa Harz, pulsirajućim mašinama taložnicama tipa Denver, samostalnom flotacijskom čelijom, klatnim stolovima, spiralama Humphreys, stolovima prevrtaćima Buckmann i serijom flotacionih mašina u kojima je prerađivana izmlevena jalovina i međuproizvodi dobijeni u procesu gravitacione koncentracije, da bi se potom uprostio proces uvodenjem samo koncentracije krupnih klase u teškoj sredini, zadržavajući klatne stolove za sitne klase (bez dopunskog mlevenja). Konačno, proučena je mogućnost tretiranja rude svedene drobljenjem na g.g.k. 12 mm i tretiranje klase — 12 + 0,8 mm pomoću hidrociklona Turpinson, zadržavajući stolove

za tretiranje sitnih klasa. Dati su tehnološki i ekonomski podaci iz kojih se vidi da je svaka sledeća faza dala znatna poboljšanja kako u pogledu iskorišćenja osnovnog metala, tako i u pogledu smanjenja proizvodnih troškova.

Zahvala. Na kraju, želim da izrazim moju zahvalnost ing. Đuri Maruniću, ranijem direktoru rudnika i topionice olova i antimona »Zajača« za pružanje svesrdne pomoći pri izradi ovog članka. Isto tako zahvaljujem ing. Jovanu Gavriloviću, koji mi je, takođe, pružio pomoć kako ranije u toku tehnoloških ispitivanja, koja je on delimično sam vršio, tako i sada davanjem materijala, koji mi je bio potreban za sastav ovog članka.

SUMMARY

The steps in the flowsheet improvement of the mill for dressing antimony ores in west Serbia

Prof. dr ing. Đ. Lešić*)

The author gives full explanation and description of many steps taken to improve the process of concentration of antimony ores: an earlier plant included hand picking and gravity concentration of antimony using Harz jigs and shaking tables. This plant was abandoned and a new one erected in which the concentration was done by gravity and flotation; the next improvement consisted in replacing the Harz jigs by Heavy Media for coarse sizes (up to 30 mm) of ore, and keeping the shaking tables for fines, eliminating the flotation process. Finally the Heavy Media process for coarse size 3 to 30 mm was replaced by the Turpinson process treating 0,8—12 mm size, the shaking tables were put to use again, but only for treating about 10% of fines instead of 30% as in the earlier flowsheet.

Analytical results for every step of improvement are given and some data on economics illustrating the improvements of results in successive flowsheets adopted.

Literatura

- Gavrilović, J., 1959: Primena teških sredina za koncentraciju siromašnih oksidnih ruda antimona. — Rudarstvo i metalurgija, br. 8. Beograd.
Janković, S., 1958: Opšte odlike antimonovih ležišta Jugoslavije. — Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta, sv. 6. Beograd.

- Janković, S., 1962: Tercijarna metalogenija antimona u Jugoslaviji. — Referat na V savetovanju geologa FNRJ, Beograd.
Marunić, Đ., 1961: Sadašnja proizvodnja antimona i dalje mogućnosti sniženja cene koštanja. — Rudarstvo i metalurgija, br. 6., Beograd.

*) Prof. dr ing. Đura Lešić, upravnik Zavoda za IPMS Rudarskog instituta — Bgd.

Ležište magnetita »Lipovac« (prilog ka poznavanju naših ležišta gvožđa)

Ing. Borislav Mladenović

Rudište »Lipovac« nazvano po selu Lipovcu nalazi se na granici atara opštine Aranđelovac i topolske opštine. Poznato je da su Nemci 1914. godine pred prvi svetski rat vršili bušenja i istraživali gvozdenu rudu u Lipovcu i Šatornji, kod mesta zvanog »Prijane«, gde su imali i jedno okno duboko oko 40 m. Mesto je i danas vidno, a materijal izvaden iz okna još je u njegovoј neposrednoj blizini i u njemu se mogu naći komadi magnetita.

U staroj rudarskoj karti Ministarstva narodne privrede bivše kraljevine Srbije, uveleženo je kod sela Lipovca nalazište magnetitne gvozdene rude još oko 1900. godine. Međutim, dočnjom obradom rudarske karte posle prvog svetskog rata i geološkim ispitivanjima novijeg datuma, ovom podatku nije poklonjeno dovoljno pažnje, pa su pojave gvozdenih ruda ovoga kraja Šumadije otkarakterisane kao pojave oolitne gvozdene rude, a njena ležišta kao mala i beznačajna, koja ne prelaze po svojim zalihama veličinu od 150 do 300.000 tona. Sem toga, rudi je dat veoma slab značaj u pogledu njenog kvaliteta: »Us'ed neugodnog sadržaja hroma, nikla i mangana.«

Inicijativom bivšeg Rudarskog preduzeća »Bukovik« iz Aranđelovca otpočeti su početkom 1960. godine opsežniji istražni radovi na području Lipovca, kada je prvom buštinom na dubini 34 m nabušena gvozdena ruda moćnosti 34 m.

Mineralno-petrografska ispitivanja i hemijske analize pokazale su da se ovde radi o magmatskom ležištu gvožđa — magnetitu, koji ovde predstavlja tipičan »šlir« u serpentinu.

Daljim istražnim bušnjima, geološkim prospekcijskim i studijama kao i svestranim ispitivanjem prikupljenog materijala, došlo se do zaključka da se ovde radi o jednom vrlo opsežnom i pažnje vrednom ležištu magnetita, pa je ovom ležištu poklonjena puna pažnja kako naših stručnjaka tako i Sekretarijata za industriju Narodne Republike Srbije.

Na osnovu mišljenja prof. Milana Ilića i prof. dr Branka Milovanovića, koji su svestrano proučili prikupljenu dokumentaciju i pregledali jezgrovani materijal, dobijena je potvrda našoj hipotezi da je magnetit ležišta »Lipovac« magmatskog a ne oolitnog porekla. Takođe su i prve procene o veličini i vrednosti ležišta delimično već potvrđene, jer je već sada nabušeno preko 3.000.000 tona rude, pri čemu su granice ležišta još uvek otvorene sa tri strane.

Izdanci i pojave železnih ruda čiji se postanak može, bilo tumačiti na sličan način, bilo vezati za postanak rudišta »Lipovac«, vrlo su opsežni. Oni se po dužini pružaju negde od Ralje pa preko Aranđelovca, Guberevca do Gledićkih planina.

Ove se pojave nastavljaju južnije i u Ibarskoj dolini te tako poprimaju sve zajedno

regionalni karakter jedne metalogene oblasti bogate na gvožđu. Dužina ove pojave je oko 200 km, dok je širina različita i varira od nekoliko stotina metara do nekoliko desetina kilometara. Generalni pravac pružanja ovih pojava ima smer SSZ—JJI. Nadmorska visina na kojoj su rudne pojave primetene vrlo je različita i varira od 200 do 350 m.

Međutim, rudno ležište Lipovac, čiji je mali deo detaljno ispitano a najveći deo samo rekognosciran, proteže se po dužini pored istočne padine Venčaca i u dužini kakvih 14 km sve do iza »Prijanskog groblja« u Šatornji. Njegova širina kreće se, koliko je to do sada poznato, od 300 m u Lipovcu do 800 m u Šatornji. Lipovac leži neposredno levo od puta idućeg od sela Banje prema selu Brezovac, dok je od glavnog puta Arandelovac — Topola udaljen 4 km. Najbliža železnička stanica je Arandelovac, koja je udaljena od Lipovca oko 9 km.

Peridotitska magma intrudirala je paleozojske škrilje u krovini i krečnjak Venčaca iste serije u podini.

Magmatskom segregacijom u njoj su se izdiferencirali sitni oktaedarski kristali magnetita i stratifikovali po specifičnoj težini u gornjem delu peridotitske mase u vidu tipičnog šlira.

Hidratacijom peridotita isti je prešao u serpentin.

Usled relativno slabih zonalnih poremećaja magnetitni šlir Lipovca sačuvan je u gornjem delu serpentinske mase u znatnim delovima.

Serpentin je u pojedinim delovima svež i kompaktan, veoma čvrst i spada u vrstu tzv. plemenitog serpentina, dok mu veći deo predstavljaju mrežasti serpentin i serpentinska mikro-breča.

Mrežasti serpentin i serpentinska mikrobreča imaju stalno u svom sastavu antigorit i hrizotil sa reliktima potpuno izmenjenih piroksena u talk, karbonate, bastit i druge, zatim hromit i magnetit. Oni, uglavnom, sačinjavaju krovni deo rudišta i u istraženom delu imaju moćnost 30 do 80 m. Podinski deo serpentinskog masiva sadrži manje karbonata i gotovo je istog sastava, samo što je tamnije boje zbog većeg učešća hromita.

On se, uglavnom, sastoji iz mrežastog serpentina (hrizotil i antigorit) i ostataka bastitanog piroksena, ili je to pak, kompaktne

serpentin, najvećim delom nastao iz olivina i sadrži hromit, a često i žilice hrizotilnog azbesta.

U pojedinim uskim zonama (15 do 30 m), verovatno duž mlađih raseda, eruptiv je prešao u tzv. uškriljeni serpentin. Delovi šlira koji se nalaze u ovakvim zonama pretrpeli su znatne izmene. U njemu su kristali magnetita gušće koncentrisani i slabo povezani sa malo glinenog materijala.

Opšte uzev, serpentin Lipovca je relativno bogat žilicama hrizotilnog azbesta, deblijine do 4 m/m i tankim uklopčima magnezita debljine do 7 cm. Pukotine i prsline su mu zapunjene kalcijevim karbonatom ili dolomitom, a neke od njih (ređe) kremenom. Nažalost, procenat olivina u serpentinu, pri petrografsko-mineraloškom ispitivanju u Geološkom zavodu NR Srbije nije ustanovljen, te tako o kretanju baziciteta u masivu nisu mogli biti prikupljeni podaci.

Denudiranje transgresivne serije goltcenomana i eruptivnog masiva, kao i mala dubina rudnog ležišta u njemu, uslovili su da pojedini delovi rudišta budu razoren i pretaloženi u njegovim pribrežnim delovima nekadašnjeg Panonskog mora. Sa druge strane, takav stratigrafski položaj dozvolio je stalni doticaj ugljičnokiselih i drugih hemijsko aktivnih voda, koje su u svoje rastvore uzimali gvožđe iz manje inertnih raspadnutih piroksena i isto odlagale na svojim izdancima na površini u vidu oolita ili impregnacija peščara. Usled toga, na terenu iznad serpentina, često nailazimo na manja ležišta tzv. oolitne gvozdene rude. Ove pojave su manjeg značaja, međutim, ni tu se ne može govoriti o nekim izrazito oolitnim ležištima, jer je njihova ruda sastavljena iz odlomaka magnetitne rude, odlomaka gvožđem impregniranih peščara i slobodnih oolitnih zrnaca i magnetitnih kristala u glinastom materijalu.

Možda su baš ovakve pojave, neznatne pojedinačno po veličini, ali brojne i veoma dostupne geološkom ispitivanju terena, učinile da se tako dugo ne sazna za pravu vrednost magnetitnog magmatskog ležišta u Lipovcu.

Sem ovakvog oblika, gvožđe se u okolini Lipovca javlja i u žilama moćnosti do 0,8 m kao produkt hidrotermalnih procesa u vidu maghemita (istočna padina Venčaca iznad viograda kod krečane; u Brezovcu iznad maj-

dana ružičastog mermara i u Prijanima u potkopu iznad potoka).

Makroskopskim pregledom jezgrovanog materijala i ispiranjem pronađeni su i u rudi i u serpentinu kristali samorodnog trovalentnog gvožđa, čiji oblik podseća na jako izdužene i spljoštene tetragonalne bipiramide, ali su nađeni i u iverastom, perjastom i raznim drugim oblicima. Dužina ovih kristala iznosi do 3 cm, širina do 1,5 mm, dok je debljina jedva oko 2/10 mm. Na površini kristala vidne su uzdužne i kose lamele i svaka od njih ima svoj polarni magnetizam.

Hemijsko ispitivanje u laboratoriji rudnika Trepča nije dalo nikakve primeće ni u tragovima metala platske skupine.

Sem samorodnog trovalentnog gvožđa u ispranom materijalu iz bušotina utvrđeno je u vrlo maloj količini i prisustvo samorodnog bakra u ljuspicama.

Prisustvo ova dva samorodna metala navodimo samo radi potpunijeg upoznavanja mineraloškog sastava eruptiva i ležišta i izvođenja potrebnih zaključaka o prilikama koje su dozvolile njihovo nastajanje. Međutim, nađeni samorodni metali imaju samo mineraloški značaj, dok je prisustvo samorodnog bakra u tako maloj količini, da njegovo prisustvo ne može uticati na kvalitet rude, jer ga ni jedna od dosadanjih hemijski analiza nije ustanovila sem u tragu.

Već je napomenuto da rudna masa nastupa u obliku šlira. Generalni pravac rудišta je SSZ—JJI i padom prema IJI. Pojedinačni kristali magnetita, po ulazu iz serpentina u krovni deo šlira, retki su i razbacani na udaljenosti od 2—3 cm jedan od drugog. Silaskom u dubinu oni dobijaju sve veću koncentraciju, da posle 6 do 10 m pređu u normalno bogatu rudu, čija se moćnost kreće 18—20 metara. Završetak ovog, da se tako izrazimo, oblaka sitnih kristala — šlira — u podinskom njegovom delu prilično je nagaoo, tako da udaljenost od početka smanjivanja koncentracije magnetita do izlaska van ležišta i ponovnog ulaska u serpentin iznosi 2 do 3 m.

O mineraloškom sastavu rudne mase nema još dovoljno podataka, da bi se ona mogla definisati svojim glavnim i pratećim mineralima datim u procentnom odnosu.

Magnetit u rudi nastupa u velikoj većini u sitnim pravilnim oktaedrima, a ređe kao

bibер sitnim sferičnim oblicima, koji veoma podsećaju na oolite. Međutim, ako se ovakva zrnca prelome, iznutra se jasno vidi njihova radikalna struktura, dok bi kod olita ona trebalo da bude koncentrično luskasta.

Prethodna ispitivanja laboratorijskog i poluindustrijskog opsega u pogledu mogućnosti koncentracije rude Lipovca, koja su vršena na Rudarskom fakultetu u Beogradu u vidu preliminarne studije od strane profesora dr ing. Đure Lešića, pružila su izvesne ohrabrujuće podatke, jer se magnetnim separisanjem može postići visok koncentrat gvožđa, dok se najveći deo nikla odstranjuje sa jalovim ostatkom.

Koncentracija nikla u jalovom ostatku (do 2,06%) predstavlja upotrebljivu sirovinu za rentabilno dobijanje nikla.

Pored navedenog, karakter rude Lipovac je bazičan (oko 14% MgO) što je ocenjeno kao jako pozitivna osobina.

Istraživanje koje vrše Rudnici i industrija Šamota Aranđelovac izvodi se dubokim bušenjem sa dve garniture u mreži od 50 m.

Do sada je na ovaj način istraženo sa 26 bušotina (i pod površinom) oko 32.500 m² i nešto preko 3.000.000 t rude. Redovno su uzimani uzorci jezgra bušotina i slati na ispitivanja hemijska, mineraloško-petrografska a vršena su i prethodna ispitivanja magnetnog separiranja, kao i prethodno ispitivanje % iskorišćenja nikla iz sirove rude.

Do sada je izvršeno oko 107 ispitivanja. Na osnovu njihovih pozitivnih rezultata i utvrđenih rezervi doneta je odluka da se istražni deo ležišta otvori jednim niskopom dužine 160 m (u završetku) i potrebnim hodnicima u cilju uzimanja srednje rudničke probe i dobijanja srednjeg rudničkog uzorka.

Na osnovu rezultata i ispitivanja fizičkih i hemijskih svojstava srednjeg rudničkog uzorka pristupiće se izradi plana za dalja ispitivanja, kako laboratorijskog tako i poluindustrijskog i industrijskog obima za najcešćihodnije rešenje tehnologije.

Kao orientacija o srednjem sastavu rude Lipovac za sada neka posluže podaci iz preliminarne studije dr ing. Đure Lešića koja se odnosi na bušotinu br. 1.

Jezgro bušotine br. 1 podeljeno je na dva dela (uzorka): gornji siromašniji deo (1 do 14 m) i donji bogatiji deo (15 do 34 m).

Iz 17 pojedinačnih hemijskih analiza delova jezgra (7 za gornji i 10 za donji deo) izračunati su srednji sadržaji:

	Gornji deo (1 do 14 m)	Donji deo (15 do 34 m)
Fe ukupno	19,10%	35,90%
Fe rastvorljivo	15,67%	31,79%
Cr ₂ O ₃	1,28%	3,53%
Ni	0,36%	1,00%
MnO	0,46%	0,54%
SiO ₂	26,64%	16,56%
Al ₂ O ₃	2,27%	9,44%
CaO	1,36%	0,62%
MgO	14,58%	9,58%
P	0,2%	0,02%
S	0,04%	0,04%
As	Ø	Ø

Ispitivanje na bakar kod bušotine br. 1 nije vršeno; međutim, kod svih ostalih bušotina, i ako je vršeno, bakar nije ustanovljen.

Napominjemo da je prerano govoriti o srednjem sastavu rude pošto učešće gvožđa u pojedinim bušotinama premašuje iznos 50%, jer se tada menjaju i odnosi ostalih sastojaka kako korisnih tako i štetnih. Pri tome, iz dobijenih rezultata nije mogla biti već izvedena neka zakonomernost o njihovom porastu i o njihovom opadanju u vezi sa promenom srednjeg sadržaja gvožđa ili promenom bilo koga od stalnih komponenata iz sastava rude.

Zaključci po ovom pitanju moćiće da se izvedu tek studijom velikog broja ispitivanja, a srednji sastav rude tek ispitivanjem njenog srednjeg uzorka.

SUMMARY

The magnetite deposit at Lipovac (A contribution to learning about our iron ore deposits)

B. Mladenović, Min. Eng.*)

The explorations of iron ore have shown good results in an area near the village Lipovac. (Situated between Aranđelovac and Topola). The known reserves are about three millions tons of iron ore, by now.

The general strike of the deposit is NNW-SSW and dipping to WSW. The magnetite occurred in serpentine. The magnetite occurred in small crystals of octahedral form. It sometimes occurred in spherical form and as inclusion in clay and carbonate. According to preliminary study, made by Dr. Ing. Đuro Lešić, professor of Mining and Geology faculty at Belgrade, the mean content of ore was as it was given in table printed in Serbian language.

The preliminary tests made for magnetic concentration, gave encouraging results.

A high concentrate of iron was achieved by magnetic concentration and the largest percentage of nickel was concentrated together with remains.

The concentrate of Nickel in concentration remains was as high as 2,06%. This quantity might be considered as a material from which Ni may be produced economically. According to the tests made, (107 tests) a percentage of 12—14% MgO was contained in the ore. This was considered as a good property of the ore.

Besides of the deep hole drilling made for the purpose of obtaining geologic and chemical features of the Lipovac area, there also were made mining explorations. The mineral deposit was open by an inclined shaft and by a system of drifts for ascertainment of the ore deposit continuity and because of getting the mean mining sample and to enable the preparation of mean sample for solving and determination of technological process as well.

*) Ing. Borislav Mladenović, Rudnici i industrija šamota, Aranđelovac.

The exploration cost reached the amount of 13,5 dinars per ton by now. The ore deposit at Lipovac, belongs to magmatic segregation type of ore deposit. This hypothesis was confirmed by two professors of Mining and Geologic faculty at Belgrade (Mr. Milan Ilić and Mr. Brana Milovanović), who studied the collected data and inspected drilled cores and after made a prospection of the area.

The author pays great attention to this mineral deposit, because in his opinion the many traces of iron ore, going from Ralja across Lipovac and farther to Vitanovac and Vitkovac and to Ibar river valley, may be considered of the same origin.

Should it be true, all these occurrences of iron ore could be considered a metallogenetic province of iron and of regional character. The serpentine of this mineral deposit was resulting from an autohydration of peridotite magma, which intruded limestones in footwall and slates in hanging wall.

Occurrences of native iron were noticed in the ore and in the serpentine traces of native copper were noticed too. The native iron is tervalent and the iron is present in form of tetragonal very elongated bipyramids, and in other forms which are characteristic of native metals.

Besides of its mineralogical importance, these data are offering a possibility for some conclusions about the conditions of deposit in time of its development and genesis.

L iteratura

Ilić, M., Milovanović, B., 1960: Izveštaj o pregledu magnetitskih ležišta u zoni Lipovac—Kolarevića kuće kod Aranđelovca. — Beograd.

Lešić, D., 1960: Tehnički izveštaj o ispitivanju magnetitne rude lokalnosti Lipovac u pogledu njene sposobnosti za koncentraciju, I deo. — Beograd.



Otkopavanje ugljenih slojeva u zaštitnim stubovima

(sa 3 slike)

Ing. Vjekoslav Kovačević

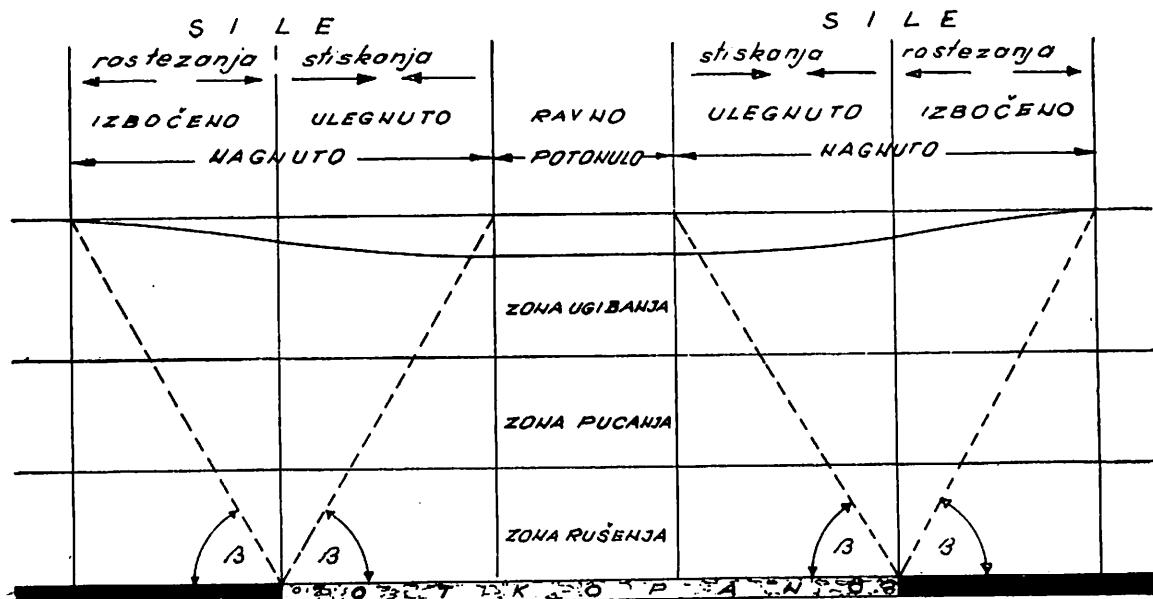
Podzemna eksploatacija ugljenih slojeva izaziva u manjoj ili većoj mjeri deformaciju površine terena i oštećenje građevinskih objekata, koji se na tom terenu nalaze.

Na sl. 1 prikazano je dobro poznato klasično sleganje terena za ravan sloj, koji je otkopan na dovoljno velikoj površini.

Iznad ugljenog sloja, otkopanog zarušavanjem, stvara se prva zona rušenja. Njena vi-

sina iznosi obično 4 do 6 puta više od debljine otkopanog sloja. Iznad prve zone nalazi se zona raspucavanja, koja je po visini ista kao i prethodna. Treća zona, koja dopire sve do površine terena, je zona ugibanja. Tu nema vidljivih pukotina.

Sve ove zone ograničene su plohama nagnutim pod kutom glavnih uticaja (β). Njegova veličina je vrlo različita. Veći je kod



Sl. 1 — Sleganje terena iznad otkopanog sloja.
Abb. 1 — Bodensenkungen oberhalb des abgebauten Flözes.

čvrstih stijena a manji kod mekih. U karbonskim naslagama iznosi najčešće 60° do 70° odnosno $\tan \beta$ od 1,7 do 2,7. Neki autori navode da je za tercijarne naslage $\beta = 45^\circ$ odnosno $\tan \beta = 1$. Ja mislim da to nije uvek tačno, jer znamo da i iznad nekih naših mrvkih ugljenih slojeva u krovini dolaze pokat-kad vrlo tvrdi pješčari ili laporoviti krečnjaci, koji će imati kut β bliže onom, koji važi za karbon, pa možda i veći. Pitanje veličine kuta β biće tako dugo otvoreno, dok se ne izvrše odgovarajuća promatranja, koja su za karbonske naslage već davno izvršena u drugim zemljama. Koliko je važno poznavanje veličine kuta videćemo iz daljeg izlaganja, jer je on jedan od važnih faktora kod određivanja veličine deformacija na površini i služi za određivanje veličine sigurnosnih stubova.

Njegova granica zavisi od veličine:

$$u = \frac{H}{\tan \beta}$$

Čim je kut β veći, manji će biti horizontalni razmak između otkopnog fronta i objekta za koji je potreban sigurnosni stub.

Na sl. 2 prikazan je jedan rub slegnutog terena i deformacije koje su nastale, sve u pretjeranom mjerilu, a za osnovne veličine dati su obrasci i njihove krivulje (Salustowicz i Knotthe). Deformacije terena svede se na slijedeće:

T_{max} = najveće tonjenje nakon smirivanja sleganja. Ono je zavisno od deblijine otkopanog sloja i koeficijenta stišljivosti, i kreće se u vrlo velikim granicama. Ova veličina, kako vidimo, zavisna je od dubine u kojoj se kopa.

$$T_{max} = k \cdot d,$$

gde je:

d = debljinu otkopanog sloja,
(koeficijent) k = 0,7 sa zarušavanjem u karbonu
= 0,5 za suh zasip
= 0,12 za zamuljivanje

N_{max} = je najveći nagib ruba sleganja. Ide od 0 do max i opet se vraća na 0. Objekti, koji se nalaze u njegovoj

zoni, biće nagnuti iz prvobitnog položaja. Svoj maksimum postiže tačno iznad ruba otkopa. Njegova je veličina:

$$N_{max} = \frac{T_{max}}{u} = \frac{T_{max} \tan \beta}{H}$$

pa je, dakle, ovisna od veličine maksimalnog sleganja, kuta β i dubine H .

P_{max} = je najveće horizontalno pomjerenje i isto iznosi $0,4 T_{max}$, pa je zavisno samo od debljine sloja i koeficijenta stišljivosti.

f_{max} = je najveća horizontalna deformacija i ista iznosi $0,6 N_{max}$. Ona se menja od 0 do $\pm f_{max}$, i postiže na udaljenosti $0,4 u$. Tamo gdje ima pozitivnu vrijednost nastupa stiskanje, a gdje je negativna, nastupa rastezanje terena i objekata koji se na njemu nalaze.

K_{max} = je najveća zakrivljenost terena. Ona je ovisna od T_{max} i u^2 i iznosi

$$K_{max} = \pm 1,52 \frac{T_{max}}{u^2}$$

Svoju najveću vrijednost postiže na istoj udaljenosti kao i f_{max}

Za izračunavanje brojčanih vrijednosti navedenih pokazatelja oštećenja terena, potrebno je, kako vidimo, znati:

d = otkopna debljinu sloja

k = koeficijent stišljivosti za dočišni način zapunjavanja otkopa

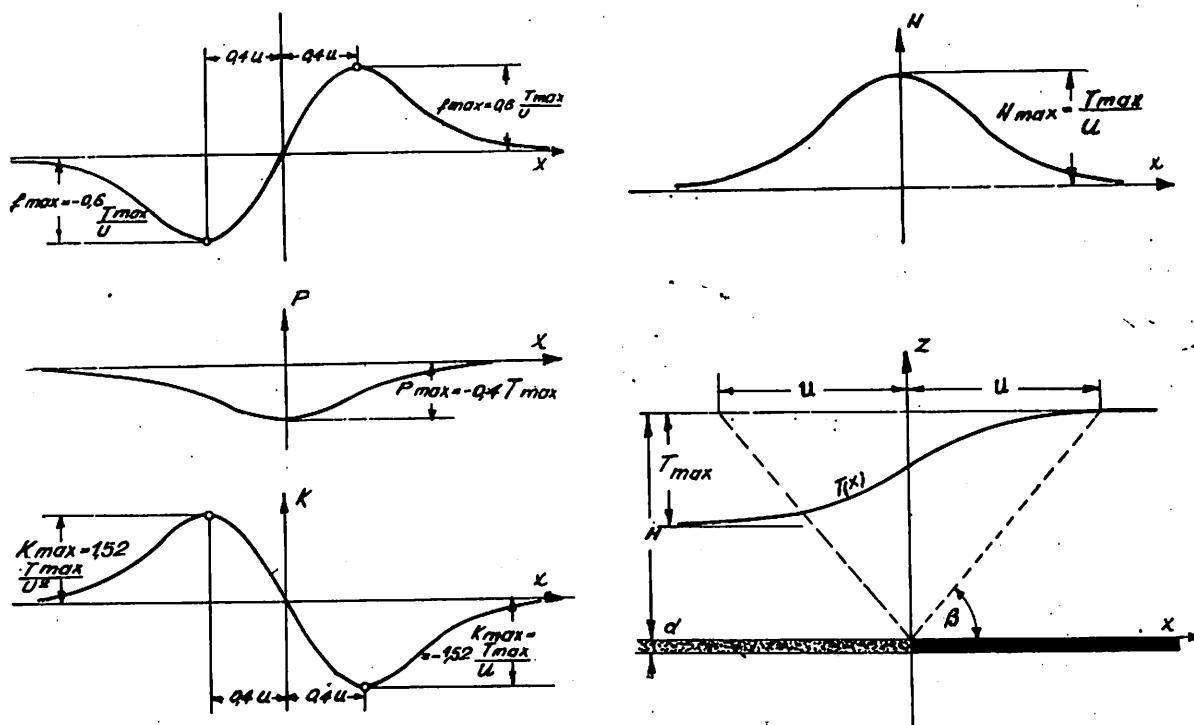
H = dubina od površine do sloja

β = kut glavnih uticaja.

Slika 2 pokazuje stanje u jednom izvjesnom momentu. Ako otkopni front napreduje, povuci će za sobom i napredovanje krivulje sleganja i svih njezinih pokazatelja, tako da će oni zahvaćati nova područja, a napuštati stara. Kada front stane, npr. na granici sigur-

nosnog stuba, ovo stanje ruba sleganja ostaje stalno, odnosno umiriće se nakon izvjesnog vremena.

Tablica 1 prikazuje 4 kategorije oštećenja građevinskih objekata na površini, s obzirom na veličine pokazatelja iz sl. 2.



Sl. 2 — Deformacije površine terena na rubnom području sleganja.

Abb. 2 — Deformation der Geländeoberfläche im Randgebiet der Bodensenkungen.

Tablica 1

Kategorija	Veličina u mm na 1 m			Veličina štete
	N	f ₀	f ₁	
I	2,5	1,5	2	Štete su samo neznatne, npr: neškodljive pu-kotine na zidovima.
II	5	3	4	Štete se lako mogu popraviti.
III	10	6	8	Ozbiljne štete koje, međutim, ne ugrožavaju zgradu, tako da ista ne treba da se mapisti. Ne-ophodna je pojačana pažnja-nadzor.
IV	15	9	12	Štete su tako velike da je potrebno odgovara-juće osiguranje zgrade, npr. sa zategama ili pak primjena sredstava koja upozoravaju na opas-nost.

Kod jačih oštećenja objekat će biti nesposoban za upotrebu.

U I kategoriju sa $N = 2,5$ i $f = 1,5$ ušli bi vrlo osjetljivi objekti, kao što su velike industrijske zgrade koje su vrlo osjetljive na kretanje terena;

U II kategoriju sa $N = 5$ i $f = 3$, ulaze industrijski objekti koji su manje osjetljivi na kretanje terena, vodotornjevi, željezničke stanice, škole, velike stambene zgrade, korita velikih rijeka, glavne željezničke pruge i tuneli, glavni vodovodi sa cijevima na kolčak;

U III kategoriju sa $N = 10$ i $f = 6$ ubraju se manje stambene zgrade, korita manjih rijeka, drugorazredne željezničke pruge i tuneli pod uslovom da se smanji brzina vožnje;

U IV kategoriju sa $N = 15$, $f = 9$ ulazi: stegama učvršćene zidane zgrade, čelične konstrukcije manjeg značaja, drvene zgrade, potoci, sporedne željezničke pruge bez putničkog saobraćaja.

f_o je horizontalna deformacija na površini terena.

f_i je to isto, ali na gornjim spratovima zgrade.

Navećemo nekoliko primjera obračunavanja pokazatelja iz kojih se vidi kojoj kategoriji oštećenja pripadaju.

1. primer:

ugljeni sloj $d = 4 \text{ m}$
dubina $H = 300$
suhi zasip $k = 0,5$
 $\operatorname{tg} \beta$ za tercijar $= 1,5$
 $T_{\max} = 0,5 \times 4 = 2 \text{ m} = 2000 \text{ m/m}$

$$N_{\max} = \frac{2000}{300} \times 1,5 = 10 \text{ m/m na 1 m}$$

$$f_o = 0,6 N = 6 \text{ m/m na 1 m}$$

Oštećenje ulazi u treću kategoriju.

2. primer: uzmimo da nas to ne zadovoljava, jer imamo važne objekte na površini. Moraćemo upotrebiti zamuljivanje sa $k = 0,15$.

Onda je:

$$T_{\max} = 0,15 \times 4 = 0,60 \text{ m} = 600 \text{ m/m}$$

$$N_{\max} = \frac{300}{600} \times 1,5 = 3 \text{ m/m na 1 m}$$

$$f_o = 0,6 \times 3 = 1,8 \text{ m/m na 1 m.}$$

Ovaj slučaj se odnosi na oštećenja između I i II kategorije.

3. primer:

Isti taj sloj otkopavamo sa zarušavanjem, tj. $k = 0,7$.

$$T_{\max} = 0,7 \times 4 = 2,80 \text{ m} = 2800 \text{ m/m}$$

$$N_{\max} = \frac{2800}{300} \times 1,5 = 14 \text{ m/m na 1 m}$$

$$f_o = 0,6 N = 8,4 \text{ m/m na 1 m}$$

Ovaj primjer ulazi u IV kategoriju i nalazi se na granici još podnošljivih šteta.

4. primer:

Isti kao 3. ali za dubinu $H = 200 \text{ m}$ bilo bi:

$$N_{\max} = \frac{2800}{200} \times 1,5 = 21 \text{ m/m na 1 m}$$

što je već zvan kategorija, pa će objekti biti onesposobljeni za raniju upotrebu.

Ove primjere prikazaćemo tabelarno (Tabela 2).

Tabela 2

Primjeri deformacije za $m = 4 \text{ m}$, $\operatorname{tg} \beta = 1,5$

Primer br.	1	2	3	4
Dubina H	300	300	300	200
Koefficijent k	0,5	0,15	0,7	0,7
T_{\max} cm	200	60	280	280
N_{\max} m/m-m	10	3	14	21
f_{\max} m/m-m	6	18	8,4	12,6
Kategorija	III	I/II	IV	Izvan

Iz do sada izloženog možemo izvesti ove zaključke:

Oštećenja na površini:

- rastu sa debljinom sloja i strmijim kutom uticaja
- smanjuju se sa većom dubinom eksploatacije i potpunijim zasipom.

Za svaki pojedini slučaj otkopavanja nepromjenljiva je dubina u kojoj se nalaze sloj i kut β . Mi možemo da utičemo samo na koefficijent k izborom odgovarajućeg zasipa, a također i na visinu otkopa d , jer možemo moći sloj da podijelimo na više ploča. Iako nije prikazana na obrascima, ipak je poznato da i brzina otkopavanja igra veliku ulogu na veličinu spoljnih oštećenja.

Na izloženim činjenicama i pokazateljima oštećenja, koji su u stručnoj literaturi obrađeni teoretski, a kroz opažanja i precizna mje-

renja potvrđena u praksi, zasnivaju se metode vođenja eksploatacije ispod vrijednih objekata, da bi štete bile što manje. Navedemo te metode:

Čisto otkopavanje sloja. — Iz činjenice, da se teren nakon sleganja smiruje i zauzima opet svoj raniji npr. horizontalni položaj, slijedi da će štete biti manje, ako se veća površina čisto u jami otkopa i da se ne ostavljuju nikakvi neotkopani stubovi. Treba nastojati da se od eventualne vatre ugroženi stubovi na bilo koji način otkopavaju, da ne bi nastajali tzv. otoci ugljenog sloja.

Dvokrilno otkopavanje sloja. — Dvokrilno otkopavanje ne treba vršiti prema objektu koji treba sačuvati, jer će zona rastezanja doći do jačeg izražaja. Obratno se preporučuje da se vrši dvokrilno otkopavanje od sredine objekta na sve strane, kako bi objekat bio izložen samo silama stiskanja. To važi naročito za građevine čija je konstrukcija otpornija na pritisak nego na rastezanje.

Podjela slojeva na ploče. — Moćni se slojevi dijele na ploče, čak i onda kada se vrši eksploatacija sa zarušavanjem. Između eksploatacije pojedinih ploča, treba da prođe dovoljno dugo vremena u kojem će se kretanje krovine potpuno smiriti. Što je zasip savršeniji, to je vrijeme kraće.

Slijedeći primjer će to najbolje objasniti:

Uzmimo slučaj u ranijem primjeru br. 3 gdje je N_{max} bio 14 mm pa je oštećenje pripadalo IV kategoriji.

Ako sloj od 4 m na dubini 300 m podijelimo u dvije ploče po 2 m pa ostanemo pri zarušavanju u većem vremenskom razmaku, dobijemo za 1 ploču:

$$T_1 = 2 \times 0,7 = 1,4 \text{ m} = 1400 \text{ m/m}$$

$$N_1 = \frac{1400}{300} \times 1,5 = 7 \text{ m/m na 1 m}$$

$$f_1 = 0,6 T = 4,2 \text{ m/m na 1 m}$$

Oštećenja su prešla iz IV u II/III kategoriju. Dok je ranije bilo potrebno zatezanje zgrade, sada se ona ne mora ni privremeno da napusti.

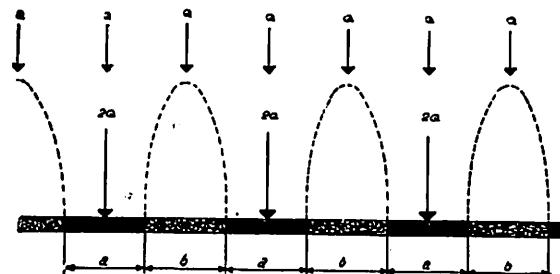
Nakon smirenja terena otkopave se druga ploča koja će imati iste veličine T_2 , N_2 i f_2 tj. istu kategoriju. Samo se vrijednosti T_1 i T_2 sabiraju u T_{max} koji će biti 280 cm kao i u primjeru broj 3, ali N_1 i N_2 , kao i f_1 i f_2 se

ne sabiraju, pa stoga ova metoda pričinjava manje štete od one, koja bi nastala da se cijela moćnost sloja otkopala odjedanput.

Smajivanje koeficijenta k. — Videli smo da se koeficijent k kreće u vrlo velikim granicama. Najveći je za zarušavanje 0,7 dok je kod zamuljivanja 0,12. Navodno se kod hidrauličnog zasipa sa pjeskom pod pritiskom postiže i 0,06.

Dakle, ako nam ni podjela u ploče sa zarušavanjem ne može da sačuva važne objekte na površini terena od oštećenja, moramo primjeniti skuplju metodu sa zasipom i to suhim, pneumatskim ili hidrauličnim, već prema tome koji će u datom slučaju biti najekonomičniji.

Kao posebnu metodu otkopavanja ugljenog sloja sa vrlo dobrom zaštitom površinskih objekata prikazaćemo metodu djelomičnog iskorijenja substancije u komorama po cijeloj deblini sloja. Na sl. 3 prikazana je takva metoda u vertikalnom presjeku sa horizontalno ležećim slojem.



Sl. 3 — Djelomično 500/0 otkopavanje u pojasima.

Abb. 3 — Teilweiser 500/0-iger Streifenabbau

Razlika između ove metode i metoda koje otkopavaju ugljeni sloj u cijelosti, bez obzira na vrstu zasipa, je u slijedećem:

— ako se otkopava sloj redom bez ostavljanja bilo kakvih stubova, uklanja se, zapravo, podloga na kojoj počiva krovina. Ako se na mjesto ugljenog sloja ubaci zapuna u obliku pneumatskog ili mokrog zasipa, onda se nikada ne može 100% ispuniti prazan prostor koji je nastao, niti postići odmah onu nosivost koju je imao ugljeni sloj. Uslijed toga, krovina će silaziti bilo elastično postepeno, bilo uz naglo lomljenje. Krovina će pritisakati zasip tako dugo, dok on smanjivanjem vi-

sine ne postigne veću gustoću i čvrstoću, i to toliku da primi sav teret krovine bez daljnje njene deformacije. Tada će nastupiti smirenje zasipa i krovine i prestaće njenо sleganje.

Kod otkopavanja sa zarušavanjem ulogu zasipa preuzima onaj dio krovine koji se srušio u otkopani prostor i time povećao svoju zapreminu. Visina rušenja je takva da između srušene i nesrušene krovine nema praznog prostora. Poslije toga se događa isto što i kod svakog zasipa, samo što sada zasip nije unet izvana, nego su ga same krovne plasti stvorile. Radi toga su neki autori dali zarušavanju naziv »samozasip«.

Za razliku od navedene pojave metoda otkopavanja u komorama (pojasima ili dugim komorama) sastoji se u tome, da se krovina ne oslobodi svoje podloge na cijeloj površini nego samo djelomično. Komkre, u kojima je ugalj izvaden i krovina izgubila oslonac, zamjenjuju se stubovima. To je, zapravo, najraširenija metoda otkopavanja u Americi tzv. room and pillar (komore i stubovi). Ali tamo je cilj ovakve metode ne samo da se zaštiti površina, nego da se ugalj što jeftinije izvadi, da se ne vrši zarušavanje krovine i da se primjeni visoka mehanizacija, kao što je »continuous miner« i »shuttle car«. Kada se jedan dio sloja izvadi i tako stvore komore, ostaju među njima stubovi na koje se sada oslanja sav teret krovine.

Zavisno od odnosa širina stubova i komora, na stubove će se sada koncentrisati i onaj pritisak, koji se ranije nalazio na mjestu komore. To je jasno prikazano na sl. 3, gdje je uzeta potpuno ista širina komore i stubova, pa će sav pritisak na stubove biti tačno dva puta veći od ranijeg, koji je bio raspoređen (podjednako, a koji je označen sa Q). Sada se može dogoditi slijedeće:

- Dimenzije i čvrstoća stubova su takvi, da mogu podneti nov povećani pritisak neograničeno vrijeme bez znatne deformacije i bez svog rušenja. Ne treba poduzeti ništa, jer je površina zaštićena od deformacije.
- Čvrstoća uglja je takva da će se stubovi ubrzo raspucati i raspasti, i usled toga popustiti. Krovina će krenuti, nastaje rušenje i sleganje, koje će se ponosati kao da je ugalj otkopan suhim

ručnim nepotpunim zasipom, tj. $k = =$ oko 0,5.

- Dimenzije i čvrstoća stubova su takvi, da će oni izdržati nov teret krovine, ako se spreči njihova deformacija i raspadanje davanjem bočnog oslonca pomoću zapunjavanja komora.
To se vrši na dva načina:
 - ako se u komore doveze zasip izvana kao što je prikazano na slici 3;
 - ako se krovina u komorama zaruši i nastane samozasip.

Prvi način treba primjeniti kod malih i srednjih dubina i kod čvrstog stropa, a drugi je način moguć u velikim dubinama i kod lako lomljive neposredne krovine.

Uloga zasipa stranog ili vlastitog je samo ta, da podupre ugljene stubove sa obje strane i da ne dozvoli njihovo raspadanje.

Nije, dakle, uslov da zasip savršeno ispunjava komoru sve do stropa i da ga nosi. Prema tome, izabrat će se ona vrsta zasipa, koji je u datom slučaju jeftiniji.

Za uspjeh ovakve metode od bitne je važnosti širina ostavljenih stubova. Ako je npr. debljina sloja $d = 4$ m, a širina otkopa i stubova jednaka npr. 30 m, sloj će se iskoristiti sa 50%. Isto iskorišćenje će biti, ako širina otkopa i stubova iznosi samo po 5 m. Međutim, stubovi presjeka 4×30 će izdržati pritisak krovine, dok će se stubovi 4×5 rasuti i srušiti i poremetiti svu krovinu. Kod jednakog, dakle, iskorišćenja ugljennog sloja od 50%, postoji različito oštećenje i sleganje površine.

U velikim ugljenim bazenima ovaj je problem daleko oštiji nego kod nas. Poznato je da su npr. Rur i Gornja Šlezija gusto naseđeni i izgrađeni, a sve na produktivnom terenu. U Ruru je situacija utoliko lakša, što su tamо ugljeni slojevi tanki i mnogobrojni. Deformacije (a ne i sleganje) površine su mnogo blaže, jer se slojevi otkopavaju u većem vremenskom razmaku. U Gornjoj Sleziji su ugljeni slojevi vrlo moćni i to baš tamо gdje su najgušći gradovi kao npr. Bitom i Katovice. U Gornjoj Šleziji je tokom zadnjih 200 godina iskopano 5 milijardi tona uglja, a sada se u zaštitnim stubovima nalazi 3,5 milijarde. Ako se uzme u obzir, da je njihova godišnja proizvodnja oko 110 miliona, vidi se kako je taj problem velik.

Pri obradi ovog problema, služio sam se njemačkom, a još više poljskom stručnom literaturom. Njihovi poznati stručnjaci su: Budryk, Salustowicz, Litwinski i Knuth. Oni su dali teoretsku obradu navedene metode otkopavanja u komorama i stubovima i primjere iz prakse. Maksimalno sleganje T_{max} može se teoretski izračunati ako se znaju:

H = dubina kopanja

d = debljina sloja

γ = specifična težina krovine

a, b = širina komore i stubova

μ = broj Poissona za sloj, krovinu i podinu

β = kut glavnih upriva

E = modul elastičnosti za sloj, krovinu i podinu.

Teorija i praktična opažanja dokazuju da je kod ove metode koeficijent $k = 0,02 - 0,03$, dakle, daleko manji i od najboljeg hidrauličnog zasipa; ipak, sleganje postoji.

Sleganje, iako vrlo malo, nastaje uslijed:

— smanjivanja visine ostavljenog ugljenog stuba, jer na njega sada djeluje veći pritisak, a njegov modul elasticiteta nije velik;

— ulazeњa ostavljenog stuba u podinu, jer je njegov pritisak na podinu na jedinicu površine sada veći nego ranije;

— ulazeњa ugljenog stuba u krovinu iz istih razloga. Kod krovine je modul elastičnosti obično mnogo veći od onoga za ugalj.

Za jedan konkretni primjer otkopavanja 5,85 m debelog sloja u dubini 320 m ispod jedne željezare u G. Šleziji u komorama i stubovima širine po 30 m sa zamuljivanjem, sleganje je iznosilo 81,3 m/m, od čega otpada na ugljeni stub 74%, a 26% na ulazeњe u podinu i krovinu.

Treba izvršiti eksperimente, koji će omogućiti da se za naše tercijarne naslage ustanove oni pokazatelji bez kojih se ne može dalje na ovom problemu uspješno raditi niti dobiti konkretne realne projekte za eksploataciju supstance, zarobljene u sigurnosnim stubovima.

U literaturi će se naći dosta podataka o kutu β , o modulu elastičnosti, o broju Poissona i slično, ali sve to za karbonski ugalj i njegove sedimente. Za tercijar ne samo da su druge vrijednosti, nego one mogu biti različite i za razne naše rudnike.

Prvi zadatak bio bi vršenje mjeranja na površini terena, praćenje njihovih deformacija i interpretacija rezultata na osnovu poznavanja onoga što se dešava u jami.

Takvi radovi su već počeli u Brezi, Kakanju i Banovićima pa se nadamo da će se i rezultati uskoro pojaviti u našoj rudarskoj stručnoj štampi.

ZUSAMMENFASSUNG

Abbau von Kohlenflözen in Schutzpfeilern

Dipl. ing. V. Kovacević*

Der Abbau von Kohlenflözen unter wertvollen Objekten bzw. in Sicherheitspfeilern ist auch in Jugoslawien auf einigen Kohlengruben aktuell geworden. Die Braunkohrentgrube Kakanj ist schon interessiert an einer schnellen Lösung dieses Problems. Um die Bergschäden so niedrig wie möglich zu halten, werden in diesem Aufsatz gewisse Richtlinien für Abbauführung angeführt.

Als eine besondere und in der Praxis bestätigte Abbaumethode der teilweise in langen und breiten Kammern abgebauten mächtigen Flözen bei gleichbreit stehengelassenen Pfeilern, wird ein planmässiger Abbau unter der Hütte Pokuj in Polen näher erwähnt.

In einigen theoretischen Beispielen sind die Parameter der Bergschädengrösse für verschiedene Verhältnisse errechnet, und gleichzeitig wird auf eine Möglichkeit der Verminderung der Bergschäden hingewiesen.

* Ing. Vjekoslav Kovacević, „Rudarstvo“ — Sarajevo.

Die meisten diesbezüglichen Probleme erstrecken sich in Jugoslawien auf die Tertiärschichten. In der Weltfachliteratur aber werden fast ausschliesslich Erfahrungen aus dem Karbonzeitalter bearbeitet. Es wäre angebracht, die Verhältnisse in jungen Sedimentschichten, das Verhalten derselben beim Kohlenflözabbau zu beobachten und zu schildern und entsprechende Parameter darüber aufzustellen.

L iter a t u r a

- Budryk, Korman, Litwiniszyn, Salustowicz, Knothe, 1955: Zbirkā članaka na temu „Wpływ wyeksploatowania pokładów...” — Archiwum gornictwa i hutnictwa, tom III/4, Warszawa.
- Knothe, 1958: Ochrona powierzchni przy czesowej eksploatacji pokładu pasami. — Archiwum gorn. i hutn., tom III/1, Warszawa.
- Litwiniszyn, Knothe, Salustowicz, Budryk, 1953: Zbirkā članaka na temu „Obliczanie elementów mieckiego osiadania”.
- Archiwum gornictwa i hutnictwa, tom I/1, Warszawa.
- Lütkens, O., 1957: Bauen im Bergbaugebiet. — Springer, Berlin.
- Salustowicz, 1955: Mechanika gorotworu. — Katowice.
- Poradnik gornika, tom II/1. — Katowice: Salustowicz, 1959: Mechanika gorotworu.
- Budryk, Piątkowski, 1959: Systemi podziemnej eksploatacji pokładów węgla.



Prikaz primjenljivosti PK-3 kombajn stroja u jami Ladanje, Ivanečko-ladanjskih ugljenokopa u Ivancu

Ing. Mirko Kolin — ing. Josip Ernoić

Rudnik Ladanje u Ivancu je jedan od prvih rudnika koji je počeo da radi sa kombajnom PK-3. Kombajn su montirali ruski instruktori, koji su došli da ga prilagode prilikama u našim rudnicima i obuče posadu rukovanju.

Kombajn tog tipa do tada još nije radio u lignitskim slojevima, te je trebalo da probni period pokaže sposobnost postrojenja za rad u lignitu, kao i sposobnost za forsirano napredovanje pripremnih radova pod otežanim jamskim prilikama i uslovima nekontinuiranog odvoza iskopanog materijala.

Sekcija probijanja za vrijeme probnog perioda sastojala se od 100 m hodnika i 70 m uskopa. Međutim, ovaj plan nije se mogao realizirati iz slijedećih razloga:

— nismo bili u mogućnosti da produžimo jednomjesečni probni period za vrijeme, koje bi bilo potrebno za protjerivanje uskopa,

— krajem probnog perioda protjerani hodnik iza radilišta došao je u kritično stanje pojavom pojačanih pritisaka, tako da bi trebalo sanirati nastalo stanje u cilju nastavka radova pod snošljivim uslovima kako bi se dobili približno realni podaci o karakteristikama stroja kod izrade uskopa.

Podaci o radnoj sredini

Ugljeni sloj u rejonu probne sekciije iznosi 2,2—2,5 m moćnosti sa jednim jalovim umetkom koji varira od 0,15 do 0,45 m. Pro-

sječni kut nagiba je 5 do 6° prema SW. Jalovi uložak sastavljen je od crne i sive gline, protkane ulošcima zemljastog ugljena. Iznad te gline mjestimično se pojavljuje u obliku bikonveksnih leća jalovi uložak, zvani »mušl«, a koji predstavlja lumakele faunističkih osatača potpuno smrvljenih i skupljenih u leće, veoma variabilnih debljina i rasprostiranja.

Neposrednu krovinu ugljenog sloja čini 0,3 do 0,4 m debeo sloj sivo-zelenkaste, pjeskovite ili smeđe laporovite gline, koji prema gore prelazi u sloj sive laporovite gline, promjenljive debljine od 2 do 10 m, a koji prema krovini neposredno prelazi u sivi pijesak sitne i srednje granulacije sa dosta slabo zastupljenom glinenom komponentom. Ovi pijesci su natopljeni vodom.

Podinu radnog sloja sačinjava sloj sive gline, ponešto pjeskovite, prilično stalne debljine oko 0,5 m, ispod koje dolazi podinska ploča ugljena u debljini od 0,3 m. Ispod te ploče dolaze podinski vodonosni pijesci, nepozнати, ali vjerojatno velike moćnosti, jer nigdje nisu probušeni. Voda se u tom horizontu ponaša kao arteška ili bar kao subarteška.

Elementi ravnog procesa

Iz priloga tehničke analize rada stroja vidljivo je da se najbolji dnevni napredak nalazi unutar intervala od 5 do 7 m' kroz 2 smjene/dan, dok su se zastoje penjali čak do 5 sati/smjena.

Za analizu promatramo 47 uzastopnih, efektivnih radnih smjena, od 5. XII do 27. XII 1960. godine.

Ukupno izrađeno metara	97,6 m'
Ukupno proizvedeno ugljena odnosno	1.223 kolica 733,8 tona
Izvađeno jalovine	416 kolica
Utrošeno ukupno KWh	1.773,6 KWh
Nadnice: VKV	59 nadn.
KV	57 "
p. kopači	52 "
vozači	78 "
Ukupno:	246 nadn.

K tome treba dodati za podgrađivanje i izradu pruge 2 nadnice na dan ili 46 nadnica ukupno.

Prosječni napredak iznosi $97,6 : 47 = 2,07 \text{ m}'/\text{smjenu}$.

Računajući sa 2 produktivne smjene, prosječni napredak iznosi $4,14 \text{ m}'/\text{dan}$.

Učinak napretka bez polaganja pruge i konačnog podgrađivanja:

$$Um_1 = 97,6 : 246 = 0,39 \text{ m}'/\text{nadn.}$$

Učinak napretka sa prugom i konačnom podgradom:

$$Um_2 = 97,6 : 292 = 0,33 \text{ m}'/\text{nadn.}$$

Učinak proizvodnje radilišta:

$$Uu_1 = 733,8 : 246 = 2,98 \text{ tona/nadn.}$$

Učinak [proizvodnje sa ukupnim nadnicama:]

$$Uu_2 = 733,8 : 292 = 2,51 \text{ tona/nadn.}$$

Radno vrijeme:

Ukupni fond radnog vremena	47 · 480	= 22.560 min	100%
Dolazak i odlazak s radilišta i odmor	4.230 min	18,75%	
Efektivni fond radnog vremena	18.330 min		
Čekanje praznih kolica	2.952 min		
Redovna podgrada	3.065 min		
Kvarovi, pregledi, čekanje materijala, pouzimanje, zarušci ...	2.550 min		
Ostali gubici	1.020 min		
Zastoje ukupno	9.587 min	42,50%	

Ostaje efektivnih strojnih minuta 8.743 min 38,75%

Efektivne strojne minute u jednoj smjeni 186 min/smjena

Potrebne strojne minute za $1 \text{ m}' : 186 : 2,07 = 89,8 \text{ min/m}'$

Utrošeno električne energije:

$$1.773,6 : 97,6 = 18,17 \text{ KWh/m}'$$

$$1.773,6 : 733,8 = 2,42 \text{ KWh/toni.}$$

Iz $1 \text{ m}'$ proizvede se $733,8 : 97,6 = 7,52 \text{ tone/m}'$.

Moramo, međutim, imati u vidu slijedeće činjenice:

- radilo se sa klasičnim načinom podgrađivanja u drvetu,
- pošto spomenuti kombajn još nije radio u lignitskim slojevima, bilo je vrlo važno ustanoviti sposobnost postrojenja za rad u tim uslovima,
- proces transporta iskopine vršen je nekontinuirano, tj. sa slabim korišćenjem kapaciteta stroja, pošto je bilo nemoguće uskladiti transport sa potrebnama stroja, za čitavo vrijeme probnog perioda.

Međutim, bolja organizacija može se sprovesti sa relativno malim sredstvima, a to se naročito odnosi na:

— brže podgrađivanje,

— poboljšanje transporta iskopine; vjerujemo, da bi se pod normalnim radnim uslovima moglo računati sa napredovanjem od $5 \text{ m}'/\text{smjenu}$, ili $10 \text{ m}'/2 \text{ smjene/dan}$.

Pod normalnim uslovima podrazumjevamo sloj debljine 2,5—3 m bez jalovog uloška. Ukoliko tretiramo jalovi uložak određene debljine, učinak će se smanjiti zbog utroška vremena na praćenje slijeda glodanja ugljena i glodanja jalovine, te diobu utovara na utovar ugljena i utovar jalovine.

Treća smjena bi se morala rezervirati za podmazivanje i održavanje postrojenja, postavljanje i ispravljanje redovne podgrade, pouzimanje podine, postavljanje stalnog košjeka itd.

Računajući sa napretkom od $5 \text{ m}'/\text{smjenu}$, dobivamo:

Izrađenih metara	$250 \cdot 10 = 2.500$	m'/god.
Proizvedenih tona	$7,52 \cdot 2.500 = 18.000$	t/god.
Utrošeno el. energije	$18,17 \cdot 2.500 = 45.450$	kWh/god.
Utrošeno nadnica	$12 \cdot 250 = 3.000$	nad./god.
Efektivni fond radnog vremena	6,5	h/smjenu
Efektivni strojni sati	5,5	h/smjenu
Potrebno strojnih minuta za 1 m'	66	min/m'

Kod efektivnog fonda radnog vremena uzima se u obzir raspoloživo radno vreme unutar smjene: 8 sati minus odmor i pripremo-završno vreme, koje traje 1,5 sati, tako da ostaje 6,5 sati.

Profil za izbijanje određen je nosačem grabuljastog transporter-a i to: minimalni 2430 mm i maksimalni 2830 mm; međutim, donja granica je praktično 2700 mm i to zbog manevara stroja i promjene smjera saobraćajnice. Ovaj profil, u stvari, odgovara profilu dvokolosječnih proširenja u našim prilikama, te nam je takav profil uslijed troškova podgrađivanja i naknadnih održavanja jedan od razloga koji otežavaju ekonomičnu primjenu PK-3.

U ovoj jami, po pravilu, su etažni hodnici širine 2,0 m u bazi, te je površina profila za izbijanje 4,0—4,4 m², dok je površina profila koji izrađuje PK-3—6,16 m², što iznosi povećanje za 47%. Kod obrade sa strojem PK-3 u ovom dijelu jame u bokovima hodnika već sada primjećena je ista »lasavost« donje ugljene ploče i jalovog umetka, kao što je slučaj sa bokovima kod ručne izrade samo sa podsjeckom i kod strojne pripreme sa SK 20—E, tj. pojava »lasavosti« nije u vezi sa radom PK-3, nego je posljedica manifestacije pritisaka u slojevima ležišta. Stroj inače daje mogućnost za postizanje željenog profila: pačetvorinu ili trapez ili polukružni, već prema tome koji se tip podgrade može primjeniti, te u tom pogledu stoji ispred drugih strojeva, kod kojih je profil za izbijanje nepromjenljiva oblika.

Primjenjeni sistem podgrade uopće nije bio prilagođen ovakvom načinu izrade pripremних prostorija; međutim, za naše prilike u toj jami, opisan je u ovom trenutku jedini sistem, koji smo mogli odmah primjeniti.

Primarna privremena podgrada jeste stropnica dužine 2,9 m u uduncima, založena založnicama, koje pokrivaju do 50% stropa. Stropnica se postavlja u razmaku od 0,8 m računajući od ose do ose oblice. Iza stroja na

odstojanju od 6,0 m postavlja se između stropnica još jedna stropnica i diže 4—6 stojki, što čini konačnu podgradu profila. Prema tome na 1 m' dolazi 2,5 okvira. Na 10 m iza čela manifestacija pritisaka je takva, da se približno svaka druga stropnica lomi, te je potrebno izvršiti zamjenu da ne bi došlo do zarušavanja s krovom. Ako računamo sa drvetom promjera 180 Ø, a što i jeste stvarna dimenzija ugrađenih okvira, imamo utrošak od 0,55 m³ drva/m' ili minimum 6.000 din/m'.

Pritisci u novootvorenim jamskim prostorijama u ovoj jami u svakom slučaju lome stropnice i ruše bokove, no s obzirom na raspon stropnice kao grede, ovaj je povećani raspon u odnosu na raspone užih profila ne povoljniji, pa je to jedan od razloga, zbog kojih smatramo, da se bez radikalne promjene sistema podgrađivanja, PK-3 ne može ekonomično koristiti.

U slojevima, gdje je krovina čvrsta, a pogotovo tamo, gdje je samo sidrenje dovoljno da održi svod saobraćajnice, ovaj stroj može dati izvanredne rezultate.

Iz 1 m' hodnika dobiveno je u prosjeku 7,52 tone ugljena, što daje 13 kolica/m' ugljena i 4 kolica jalovine, tj. 17 kolica proizvodnje.

Ispod utovarnog konvejera mogu se za utovar smjestiti 3 kolica (ovo se odnosi na skraćeni konvejer), a to znači da se za svaki m' mora izvršiti 17 : 3 = 6 transportiranja punih kolica do proširenja na 0-tom metru i praznih natrag do ispod konvejera. U toku jedne radne smjene izradilo se u ovim prilikama do 2,65 m' hodnika i proizvelo do 28 kolica ugljena i 11 kolica jalovine, što daje ukupno 39 kolica ili 13 vlakova po 3 kolica u vlaku. Kako je već spomenuto, stroj je napredovao računajući od proširenja kod izvoznog niskopa od 0 m do 97,6 metra. Kroz čitav taj napredak put se konstantno povećavao, a nije se moglo naći rješenje, uslijed velikih pritisaka, da se dužina prevoza re-

ducira bar na polovicu, izgradnjom dvokolo-sječnog proširenja na 50-tom metru. Zbog toga se stalno povećavaju stanke stroja, uslijed pomanjkanja kolica, a da bi se to djelomično smanjilo, povećava se broj odvozača, čime se smanjuje učinak i poskupljuje rad.

Stoga imamo, računajući sa 5,5 mogućih efektivnih strojnih sati unutar smjene, a izvršavajući praktično 2,9 sati, pravo iskoristišenje oko 52%.

U celom periodu primjenjivan je u rudniku Ladanje kratki konvejer, dok se za duže vlakove ili veću dužinu kolica može produžiti za 6–8 kolica, što omogućava veću iskoristivost stroja; međutim, tu je odlučujući faktor funkcija pravca i bujanje podine, stoga se dugi konvejer može primjeniti samo tamo, gdje postoje manja skretanja sa pravca i gdje bujanje podine ne ometa potrebnu podvoznu visinu konvejera, zavisnu od visine kolica. Taj problem može se rješavati doduše i stalnim podešavanjem visine pomoću vijaka podizača, ali u tom se slučaju gubi nešto vremena za to podešavanje. Konačno rješenje je organiziranje takvog ciklusa, u kojem je slijed vlakova sinhroniziran sa napredovanjem radnog organa i podgrađivanjem, te ostalim fazama procesa. Međutim, stalna potreba mjenjanja polomljenih stropnica iza stroja, sprečava ugradnju dužeg konvejera u našim prilikama.

Provjetravanje pomoću cjevnih ventilatora može se primjeniti sa punim uspjehom. Kod toga usisivni način je podesniji od tlačnog, jer se tako prašina odmah odvaja iz zračnog prostora radilišta i poslije izbacivanja iz cjevovoda deponira negdje u nekom odvojkujamske saobraćajnice, pa je zračni tok oslobođen ugljene prašine.

Kod tretiranja veličine profila i podgrađivanja izneto je osjetno povećanje profila u odnosu na normalne profile u kojima se saobraćajnice sa jednim kolosjekom izgrađuju. To povećanje povlači za sobom slijedeće osnovne posljedice:

- Pod pritiskom drvo se u pravilu lomi. Kod profila PK-3 imamo povećanje troškova u odnosu na normalni profil, približno za 17% već kod izrade, pa će i održavanje izlomljene podgrade iziskivati povećane troškove.
- Povećana baza profila radi bujanja predstavlja za održavanje veću masu kod pouzimanja podine u odnosu na

uski profil, koje povećanje iznosi oko 35% po jedinici dužine.

- U slučaju zakašnjenja sa sanacijom manjeg zaruška kod povećanog profila slijede veća i opasnija zarušavanja, čija čišćenja i podgrađivanja iziskuju i veće troškove.

Ovaj momenat ne bi bio odlučujući kada bi pritisci bili manji, međutim, stanje izrađenih 97,6 m je tako kritično da se i na temelju tog stanja može zaključiti o velikim teškoćama sa tim načinom pripreme.

Zbog čestih oscilacija opterećenja čitavog postrojenja u prilično širokim granicama, najprikladnije je rješenje separatni dovod električne energije, preko odgovarajućeg presjeka kabla.

Idući sve dalje u cijelicu imali smo pojavu vode iz podine, što se dalo izbeći radom po izohipsi samo djelimično, jer je glavni krivac — bujanje otraga i postoje nemogućnost oticanja vode sa čela. Posljedica toga bio je loš kvalitet proizvoda, jer u vodi sa utovaračem pomješani ugljeni prah daje blatnjavu masu, koja blati sita na separaciji. S druge strane povećavaju se i troškovi čišćenja kolica.

Postignut je assortiman:

komad	2%
kocka	24%
orah	48%
sitni	26%

U uslovima gdje je postignuti assortiman još uvijek odlučujući faktor u postizanju prodajne cijene, mora se računati i sa ovom činjenicom kod postavljanja konačne rentabilnosti ovog stroja. U našem slučaju gornji assortiman daje za 20% umanjenu realizaciju u odnosu na prosječno postignute rezultate.

Zaključak

Opća ocjena na temelju ispitanih podataka i probnog rada jeste, da je stroj osobito dobrih kvaliteta, da se u radu ponaša veoma stabilno i sigurno. S druge strane, rad i rukovanje, kao i praćenje rada te manevriranje, jednostavnije su radnje, tako da kvalificirani radnik može biti spremljen za rad sa njim kroz minimalnu potrebnu praksu. Stroj je veoma pokretljiv i može izradivati križišta od blizu 90° naklona sa malim radiusom, jer je pokretan sa tenk-gusjenicama. Također je opremljen za rad kod većih dotoka

vode, jer ima ugrađenu pumpu za mutnu vodu. Opremljen je i za odvajanje ugljene prašine koju obara mlažnom pumpom. Stoga taj stroj može odgovarati svugdje, gdje su rješeni navedeni problemi, te tamo gdje opće prilike podnašaju i nešto skuplje radeve priprema, uz kompenzaciju ubrzane izrade pripremnih radova. Ekonomičnost rada stroja, međutim, dolazi ozbiljno u pitanje tamo, gdje assortiman dobivenog produkta predstavlja bitni faktor u poslovanju. Radi što manjeg premeštanja stroja tokom godine, te radi osi-

guranja što većeg njegovog godišnjeg kapaciteta, potrebno je imati u radu bar dva takva stroja, radi istovremenog tjeranja paralelnih prostorija.

Što se tiče primjene u našim slojnim prilikama zaključujemo, da je uklapanje stroja PK-3 u postojeću organizaciju tehnološkog procesa težak i dugotrajan posao, koji vremenski nismo bili u mogućnosti rješiti u nekom realnom roku i bez osiguranja znatnih finansijskih sredstava za potrebnu opremu.

SUMMARY

The Applicability of Continuous Miner for Drift-Work Type PK-3 in the Mine Ladanje, Ivanec — Ladanje Colliery in Ivanec

M. Kolin, Min. Eng. — J. Ernoić, Min. Eng.*)

This article relates the application of russian continuous miner for drift — work, type PK-3, in a lignite mine. In very hard working conditions of soft floor and roof with quicksand, the continuous miner proved as a useful and very flexible machine unit. Fundamental characteristics of the machine unit were not quite successfully proved during the testing work, due first of all, to the hard working conditions, conventional haulage system and timbering with wood. This article analyses the first results of the testing work.



*) Ing. Mirko Kolin — ing. Josip Ernoić,
Ivanečko-ladanjski ugljenokopi, Ivanec

Iz istorije rudarstva

Dolazak Feliksa Hofmana u Srbiju

(Jedna značajna stogodišnjica)

(sa 2 slike)

Dr Vasa Simić

Nedavno se navršilo stoteće, kako je došao u Srbiju Feliks Hofman, banatski rudar. U Srbiji je proveo punih 50 godina i za to vreme svojoj novoj domovini žrtvovao ne samo lično i porodično imanje, koje nije bilo malo (80.000 dukata), već i neumoran i veoma uspešan rad na podizanju rudarstva. Hofman je otvarao po Srbiji rudnike i ugljenokope, gradio topionice i naprave za obogaćivanje ruda, peći za izradu vatrostalnih opeka. Brižljivim i uspešnim ispitivanjem otkrio je zlatnosne terene istočne Srbije. On je skrenuo pažnju na ekonomsku zlatnosnost nanosa u Peku i drugim rekama istočne Srbije, na kojima je kasnije bagerima ispirano zlato. On je pronašao i otvorio rudnike zlata na Blagojevom kamenu (sv. Varvara) i Deli Jovanu (sv. Ana). On je u Kučajni izgradio primeran rudnik i topionice cinka i olova. Tu je podigao i radionicu za izradu vatrostalnih opeka ne samo za svoje preduzeće već i za topolivnicu u Kragujevcu. Hofmanovom zaslugom otkriveno je rudište žive na Avali i borsko rudište, ova dragocenost u rudarstvu Srbije. On je otkrio bogatstvo uglja u senjsko-resavskim ugljenokopima, otvorio gornjokarbonske ugljeve u basenu između Mlave i Peka i utvrdio njihovu starost, otvorio ugljenokop u Melnici, Resavi.

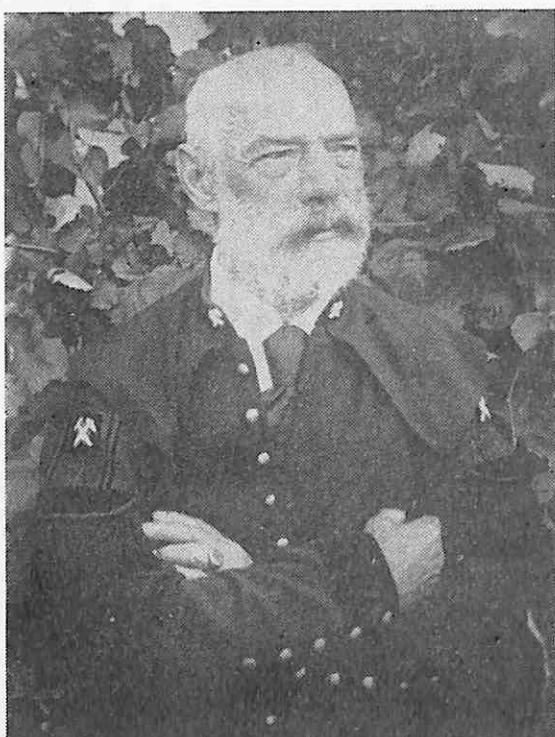
Hofman je zaslужan i za izgradnju prve železničke pruge u Srbiji. U svojstvu geologa obišao je celu trasu od Beograda do Vranja.

Ovom prilikom otkrio je nove dotele nepoznate pojave mineralnih sirovina. Pomenućemo samo oolitno gvožđe kod Ralje i senonske ugljeve u Pčinji i Južnoj Moravi. Za potrebe železnica on je nadgledao po železarama u Nemačkoj livenje šina za koloseke.

Sem praktičnih rudarskih poslova Hofman je radio i naučno, kao geolog. On je snimio i stampao prvu detaljniju geološku kartu jednog dela Srbije, izvršio prvu klasifikaciju naših ugljeva prema starosti; istraživao je i vodu. Osim toga dao je nekoliko priloga našoj arheologiji. Feliks Hofman bio je ne samo prvi i najuspeliji istraživač mineralnog blaga u Srbiji, već i učitelj i uzor naših rudara, i obrazovanik i radnika. Njegove zasluge za rudarstvo u Srbiji su neocenjive i nikada i ni od koga nisu bile osporavane. On se s pravom može nazvati pioniom i prvim rudarom u obnovljenom rudarstvu Srbije.

Feliks Hofman potiče iz stare i čuvene rudarske porodice. Preci su mu od vajkada bili rudari i imali svoje rudnike u Banatu (Nova Moldava, Oravica, Saska, Ruskberg, Ferdinand Berg). Prema tradiciji bila su u Banatu najpre četiri brata Hofmana. Oni su na svojim rudnicima proizvodili gvožđe, bakar, olovo i vadili mermer. Kasnije, kako to već biva u rudarstvu, u posao su ulazili i novi deoničari, pa su Hofmanovi rudnici postali zadrugarski. Na kraju su prešli u ruke mađarskih železnica.

Hofmanovi preci imali su i ranije udela u rudarstvu Srbije. Za vreme austrijske okupacije severne Srbije 1718—1738. godine vojne vlasti nastojale su da se u Srbiji otvore rudnici. Bila su otvorena rudišta u Majdanpeku, Kučajni, na Rudniku i Avali. U 1825. godini na Rudniku je bio zaposlen kao »Landprobierer« neki Hofman. Kako su na Rudniku bili zaposleni banatski rudari, verovatno je da je i ovaj Hofman iz Banata. U 1738. godini služio je u Beogradu Angelus Hofman



Spisak hofmanovih

„kaiserlicher Müntz-Landt-Probierer in Bellgradt“. On je slao u Beč neko belo srebro iz Srbije. Da li je to isti »probierer« sa Rudnika još nisam utvrdio. Ali ima jedno još verodostojnije svedočanstvo da su banatski Hofmani radili u Srbiji kao rudari u prvoj polovini 18. veka. Kad je Jovan Gavrilović, načelnik trgovackog odeljenja Ministarstva finansija (kasnije ministar i namesnik kneza Milana Obrenovića) boravio po nekim rudarskim poslovima u banatskoj Oravici 1844.

godine, saznao je za »stare planove laguma u Majdan-Peku; takovi se nalaze kod G. G. Hofmana, koji u Novoj Moldavi žive. A imade i kod jednog Hofmana, koji je u Rešici činovnik kod tamošnjeg Gvoždarskog Nadležatelstva plan laguma negdašnji Majdan-Pekski, prinadležavši nekada prećima Hofmana sadašnji u rečenom mestu, za vreme kad je ondašnji kraj Austrijancima prinadležao«. Prema tome, Hofmani su svakako radili kao rudari na srpskim rudnicima još u 18. veku. Ne zna se da li je neko od Hofmana radio kao rudar i za vreme Prvog ustanka. Pominju se na planini Rudniku rudari iz Oravice i Nove Moldave.

Kasnije je u porodici Hofman bilo nekoliko čuvenih rudara. Oko 1800. godine jedan od njih otvorio je manganski rudnik Jakobeni u Bukovini, a službovao je kao rudar i na samim kopovima u Vielički. Polovinom prošloga veka poznata su četiri rudara Hofmana iz Banata. Svi su bili u našim krajevima. Feliks i Rafael radili su na rudištima u Srbiji, Karl u Bosni, a Otokar je samo pratilo Bernarda Kotu po istočnoj Srbiji 1864. godine. Kasnije je Okotar oputovao za SAD, gde je stekao glas svetskog stručnjaka. Sem Feliksa ostali Hofmani su iz Ruskberga.

Simboličan je dan rođenja najzaslužnijeg rudara Srbije Feliksa Hofmana. Rudarski sin, unuk i pra-praunuk rodio se 4. decembra 1830. godine: to je dan, kojim se na Zapadu praznuje sv. Varvara, zaštitnica rudara. Kao da je već samim tim bio predodređen za rudarski poziv. Rodio se u rudarskom mestu, Novoj Moldavi, selu na Dunavu. Stara Moldava, naseljena Srbima, leži na samoj obali Dunava, prema našem Braničevu; Nova Moldava je uvučena 4—8 km uz dolinu rečice istoga imena.

Feliksov otac zvao se Adam. Bio je deonikar (Gewerke) nekog rudnika i imućan čovek. Sina je najpre dao u osnovnu školu Nove Moldave a zatim u gimnaziju u Aradu i Lugošu. Mladi Hofman, posle završene gimnazije, počeo je studirati na Velikoj tehničkoj školi u Budimpešti. Kad je 1848. godine izbila revolucija u Mađarskoj, on napušta studije i priključuje se revolucionarnom pokretu. Posle ugušenja ustanka morao je da napusti Peštu i sklonio se u Šemnic, gde je počeo da studira na Rudarsko-šumarskoj akademiji. Pored rudarskih slušao je i šumarske nauke. Po završetku studija mlađi Hofman prakticirao je po rudnicima u Erde-

lju, a zatim se zaposlio na rudnicima svoga oca, odnosno porodice Hofman u Ruskbergu. Tamo se još kao mladić upoznao sa Josifom Pančićem, koji je 1844/45. godine bio učitelj njegovim rođacima u Ruskbergu. Na ovome poznanstvu zasnovano je i kasnije prijateljstvo između Pančića i Hofmana. Pančić je uticao na Hofmana da pređe u Srbiju kao rudar.

Dosledno svome poreklu, danu i mestu rođenja, mladi Hofman oženio se je 1858. godine svojom rođakom Adelom, čerkom Aleksandra Fillepa, rudara odn. deoničara rudnika iz Nove Moldave. U Moldavi se rodilo i prvo troje Hofmanove dece. Još četvoro rodilo se kasnije u Srbiji.

Hofman se pojavio u Srbiji prvi put 1856. godine. Posetio je rudnike koji su bili pod upravom Majdanpeka: Majdanpek, Kučajnu, Crnajku i Rudnu Glavu. Zatim je putovao po Srbiji. Bio je u Aleksincu, Paraćinu, Požarevcu i Beogradu, gde je bio primljen kod kneza A. Karađorđevića. Svakako se još tada, kod dvadesetšestogodišnjeg Hofmana začela misao da pređe u Srbiju i okuša svoje znanje i sposobnosti na srpskim rudištima, koja su mu se, u poređenju sa banatskim, morala činiti veoma bogata. Osim toga na Hofmana je ostavio lep utisak, prijem, na koji je naišao u Srbiji, od vladajućeg kneza pa do ostalih ljudi, sa kojima je dolazio u dodir. Ustavobraniteljska vlada Srbije, kao što je poznato, i sama se bila umešala u rudarstvo, i to ne baš sretno. Zbog toga je obeoručke bio primljen mlađ i imućan rudarski stručnjak iz susednog Banata.

Hofman se, međutim, doselio u Srbiju čitavih šest godina posle prve posete. U međuvremenu, prelazio je u Srbiju nekoliko puta radi ispitivanja Kučajne, jer ne bi, odmah, bez prethodnog ispitivanja ni počeo sa onako krupnim investicijama kao što su: izgradnja puta do Kučajne, rudarska kolonija, topionica cinka, manipulacione zgrade.

Hofman je došao u Srbiju po želji kneza Mihaila a po pozivu ministra finansija Koste Cukića, veoma zainteresovanog za rudarstvo u Srbiji. Kučajnu je uzeo u zakup 24. novembra 1862. godine po ugovoru na 50 godina (tada još nije bilo rudarskog zakona, pa su rudarska prava sticana ugovorom.) Uz rudnik je dobijena i šumska domena veličine 1800 ha »pod uslovom da zakupac plaća 5% čistog prihoda kao proporcionalni, a na svako rudno polje po jedan dukat cesarski godi-

šnje kao stalni regalni danak državnoj kasi, s prawom da može u izvesnom prostoru, komc su u ono doba granice obeležene, rude istraživati, rudna polja uzimati; na osnovi kojeg opredeljenja izdata je odma i povlastica na vađenje rude u 16 rudni polja« (Gudović, 1874. Srp. novine br. 273—278).

U tih 16 polja bila su tri povlašćena terena: kučajnski sa 10 rudnih polja za olovne rude, melnički sa 5 polja za kamene i mrke ugljeve i Ceremošnja sa jednim rudnim poljem za kopanje vatrostalne gline. Kako u Srbiji tada nije bilo rudara, sem u Majdanpeku, Hofman je doveo rudare iz Nove Molade.

Hofman je držao Kučajnu punih 10 godina i za to vreme izgradio uzoran rudnik, topionicu cinka i olova, ognjište za odvajanje olova od plemenitih metala i naprave za odvajanje srebra od zlata. Izgradnji preduzeća u Kučajni Hofman je pristupio široko i ljudski, neuobičajeno za privatno ulaganje kapitala u rudarstvo. Kod nas nije tako sistematski izgrađivala rudnike ni država, a da se i ne govori o privatnom kapitalu. Hofman je bio uveren, da će ubrzo otkriti bogato rudište olova, pa je izgradnju preduzeća počeo na širokoj platformi. Radio je kao čovek i rudar, rukovođen na prvom mestu stvaralačkim željama neumornog trudbenika, a nikako namerom da se što pre i više obogati. Hofman je htio da stvori rudnik za ugled kako u tehničkom tako i u socijalnom pogledu. Za pronađene rude podizao je topionice, a radnicima je gradio pristojne stanove i mesta za razonodu. Radničkoj deci podigao je školu. U preduzeću je najpre izgradio topionicu cinka, zatim radionicu za izradu vatrostalnih opeka, topionicu olova i ognjište za dobijanje zlatonosnog srebra iz olova. Tu su još i razne radionice, strugare itd. Sve je ovo Hofman gradio jednovremeno, sopstvenim novcem, donetim iz Banata. Početak radova u Kučajni jedan savremenik ovako nam je opisao:

„Kad je naš g. Hofman ovamo došao, da otpočne opet radnju, čudili smo se, našta li ovaj čovek novce troši... Mi videsmo otvaranje starijama, kopanje novi, vađenje i privlačenje nekog kamenja, podizanje kuća, veliki zgrada, otvaranje putova kroz šumu, da se drva, ugaj i ruda vuče; sve ovo idaše brzo, i na jedan put ču se glas da se onaj kamen topi i da se tutija dobija; i gde, to beše onaj cink, od kog se odma svake nedelje po nekoliko kola u Gradište vuklo, a odatle parobrodom dalje mekuda“ (Srbske novine 1865, br. 89).

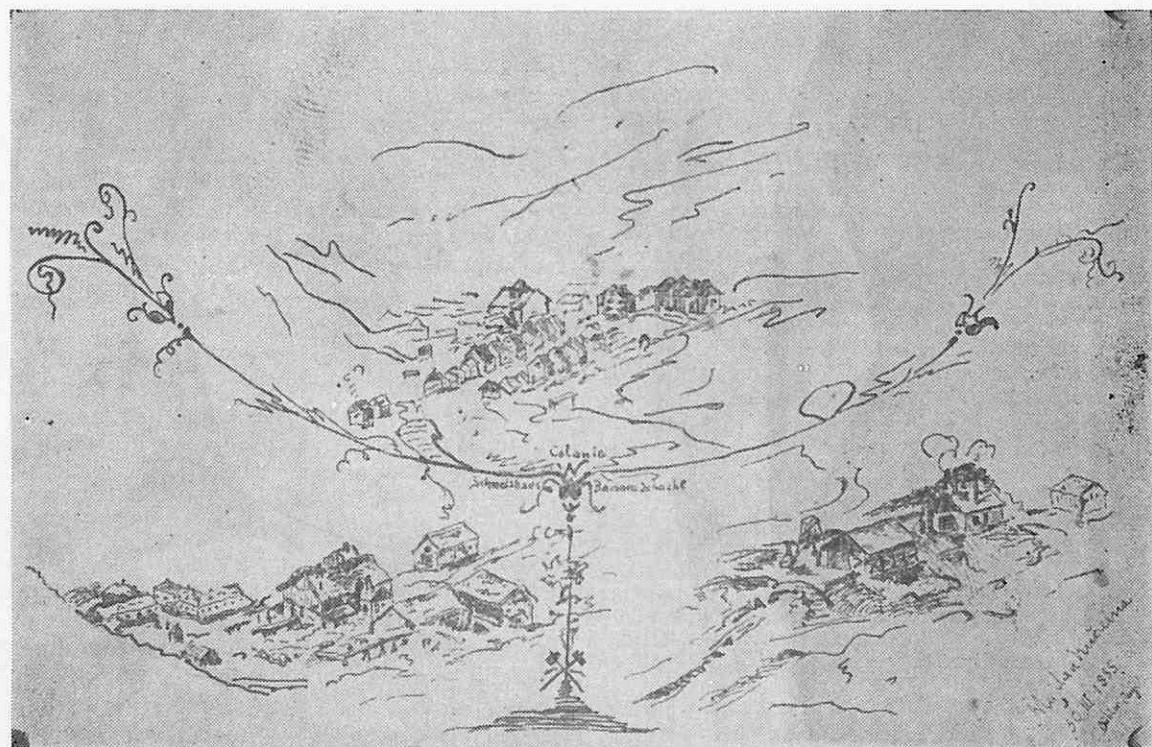
A samo dve godine nakon početka rada, krajem 1864. Đorđe Branković, rudarski inženjer i šef rudarstva u Srbiji video je Kučajnu ovakvim očima:

„Onde gde pre dve godine nigdi ništa bilo nije, sada nalazi se čitava kolonija radenička, snabdevena sa nužnim kućama i stajama tako da spustivši se u dolju, čitava naseobina prezentira se, u kojoj odmah u oči pada veliko zdanije topionice s 20 fati dužine i toliko širine.

Dva poveća zdanija u kojima su prostori za cajhnovanje, probirnicu, magazin, kancelariju direkcije i obitališta personala direkcije, svako sa 18 prostora. Jedno pomanje zdanije sa prostorom za rudarsku kancelariju, školu, obitalište nastojnika rudarskog, magazinom za odvajanje i smeštanje bogatije rude i podrumom za rudarske alate.

sobama i jedan sitničarski dućan. 11 kuća od brvana svaka sa sobom, kujinom i komorom, preko 30 koliba ili burdelja, štale za tegleću stoku, i k tome šupe za kola, raznu gradu i u obše za smeštanje raznog materijala”.

O Hofmanovoj delatnosti u Kučajni za vreme od 1862—1873. god. savremenici su imali veoma povoljno mišljenje. I stručni i nestručni ljudi hvalili su Hofmanovo nastojanje da stvori primeran rudnik u Kučajni. Svi su verovali, kao i Hofman, da će preduzeće bogato nagraditi istraživača i doneti opšte koristi narodu, državi i vlasniku. Mladi licejac Kosta Pećović, Pančićev sputnik po istočnoj Srbiji, piše nekoliko meseci posle otvaranja Kučajne (Put licejskih pitomaca 1863. god.):



SL. 1 — Rudnik Kučajna 1885. godine.
Abb. 1 — Grube Kučajna im Jahre 1885.

Magazin za ranu i provizion za radenike. Jedna velika šupa za 50.000 kub. stopa ugljena sa čuprijama da se ugljem natovarena kola u magazin utezati i tamo istovariti mogu. Šor sa 11 dupli kuća, svaka s dve sobe, dve kujine i dve komore; 9 prosti kuća svaka sa 1 sobom, 1 kujinom i 1 komorom.

Velika gostionica sa nužnim prostorijama za strane i zabavu radnika, pekarnice sa nužnim

„Kroz nekoliko meseca, najdalje kroz godinu dana, počeće se topiti ruda, a kroz koju godinu, ako rudari budu srećni, Kučajna će biti čitava varošica i od nje će se obogatiti i okolna mesta. Ovo će nam u nečem naknaditi što smo izgubili u Majdanpeku”.

Izvanrednu ocenu preduzeću odn. Hofmanovom radu dao je Đorđe Branković

v ić kao stručno lice, koje je imalo prilike da vidi mnogobrojna rudarska preduzeća u Nemačkoj, Poljskoj i gotovo sva preduzeća bivše Austrougarske, Evo šta o tome veli krajem 1864. godine.

„U obšte mogu reći da je kučajnsko zavedenje do sada sistematično po pravilama rudarskim ustrojeno i rukovođeno bilo tako, da i ako u malom može za sada služiti kao primer i sruštiti se sa svakim stranim zavedenjem ovog roda.“

Povoljno mišljenje o Hofmanovom radu deli i srpska vlada a naročito ministar finansija Kosta Cukić, koji svoj izveštaj o Kučajni pred Narodnom skupštinom (avgusta 1864.) završava rečima:

... i u obšte na ovom rudniku tako se radi, da on obećava lepu budućnost zemaljskoj radnosti“.

A u pismu državnog Sovetu od februara 1865. godine Cukić se slaže sa ugovorom o liferovanju olova i cinka iz Kučajne.

„U toliko pre, što se tim načinom potpomaže domaća industrija a imeno što se od strane praviteljstva dokazi blagonačlonosti i poverenja služeći k daljem odobrenju daju g. Hofmanu, koji je za manje od dve godine onako pohvale doстојno rudarsku i topioničku radnju s velikim uspehom razvio, a i poklonjeno mu poverenje prošle godine pri liferovanju cinka sovesno i točno opravdao“.

I ondašnja štampa ne propušta da istakne Hofmanove zasluge za rudarstvo u Kučajni. Anonimni dopisnik povodom puštanja u rad ognjišta za proizvodnju srebra u Kučajni piše (Srbske novine 1865, br. 89):

„G. Hofman namerava više furuna za topljenje podići. Neka mu srećno bude, i da bog da više furuna ozidao i one mu se nikad ne ugasile, no dan i noć topile na diku i ponos (Knjazu, na pohvalu vlasti, a g. Hofmanu na polzu i naknadu za njegove trude i troškove).

U naprednom listu »Srbija« mladi inženjer M a n o j l o M a rić zaključuje svoje izlaganje o Kučajni rečima:

„Po svemu onome što je učinjeno mora se priznati da je preduzeće ovome osigurana budućnost; ono nam daje lep primer, koliko je kadrda da učini odgovornost i izdržanje pored nuždнog znanja i s malim sredstvima“.

Na žalost svi od reda su se prevarili u oceni Kučajne, počev od Hofmana. Na rudniku se, kao što nam je rekao Đorđe Braniković, radilo besprekorno, ali su uslovi istraživanja i eksploracije rudišta bili izvanredno nepovoljni. Da se u Kučajni neće ni

lako ni jevtino otvoriti rudnik rekao je još 1874. god. Karl Hejrovska. On je tačno video da je Kučajna nekadašnji rudnik srebrnosnog olova, iz kojega je već bilo povađeno doista rude. To potvrđuju ne samo mnogobrojni strani radovi nego i velike količine vode, što ističu iz glavnog potkopa. Obilne vode po njegovom mišljenju sačuvale su rudište u dubini od starih rudara, pa su savremeni rudari morali da računaju sa tom činjenicom.

Krajem 1873. godine Hofman je Kučajnu ustupio Englezima i ovi su požurili da pade rudu, što je Hofman otvorio a zatim su obustavili rad. Punih 10 godina kučajnsko rudište je neaktivno (1877—1887). Na njemu bespravno sede stranci, trguju drvima šumske domene i upropasćuju ono što je Hofman, kako veli jedan savremenik, »sa velikom mukom i svojim sredstvima stvorio«. Hofman, međutim, godinama vodi parnicu protiv njih, jer englesko društvo, na koje je bio preneo rudnik, nije odgovorilo svojim materijalnim obavezama. Najzad je i država intervenisala, poništila strancima povlašticu, a Kučajnu ponovo dala u zakup Hofmanu, pošto se ovaj obavezao, da će uneti u preduzeće kapital od milion dinara.

Drugi Hofmanov period rada u Kučajni trajao je znatno duže od prvog i doneo velikom rudaru nova razočarenja i nevolje. »Srebrni car« kučajnskog rudišta nikako nije bio naklonjen upornom Hofmanu. Čim je ponovo primio Kučajnu, Hofman se požurio i u roku od godinu dana obnovio rudnik, popravio topionicu i zgrade, tako da je već 1888. godine pristupio vodenju rude i topljenju.

Da bi se potpuno posvetio Kučajni, Hofman je 1894. godine napustio državnu službu. Dotle je bio sposobio za rad topionicu i odmah se dao na posao. Ali ga je sada opet zadesila nesreća. Još u početku topljenja izbio je požar u topionici. Za nekoliko časova izgorela je toponica sa laboratorijom i pralištem, zatim okolne manipulacione zgrade pa čak i instalacije na Varvara oknu. Hofman je ponovo bio upropasćen. Ali on još ne diže ruke od Kučajne. Posle požara dobio je zajam od klasne lutrije. No sve to nije pomoglo. Rudnik je morao da obustavi rad, jer je dalje ulaganje novca i truda za Hofmana bilo besmisleno. Hofman nije više imao kapitala niti je mogao naći finansijera za radove u rudniku. Teška srca morao je Kučajnu vratiti državi, ne obnavljajući zakup, koji je isticao 1912. godine.

Delatnost Feliksa Hofmana van Kučajne

Prvi poduhvat u Kučajni, kao što smo vidieli, završio se neuspehom i Hofman je posle toga stupio u državnu službu. Time je počeo nov period njegove delatnosti, koji je trajao dve decenije i doneo mu jednodušno priznanje kao trudbeniku najzasluženijem za podizanje rudarstva u Srbiji. Kad je prvi put napustio Kučajnu imao je 43 godine. Podjednako krepak telom i duhom, on će uneti u naše rudarstvo neuobičajenu energiju, izvanrednu sposobnost i upornost istraživača, koja se u njemu slegla kroz generacije rudarskih predaka. Izvanredna stručna spremam bogato iskustvo u Kučajni, a pre toga van granica Srbije, ističe ga među ostalim rudarima Srbije, našim i inostranim. Dvadesetogodišnjim radom u državnoj službi Hofman će vezati za svoje ime pronalaženje novih vrsta mineralnih sirovina i novih rudnih ležišta, do tada nepoznatih u Srbiji.

Hofmanova delatnost u državnoj službi bila je veoma raznovrsna. Kao državni inženjer on je po nekoliko puta obišao sva poznata mineralna nalazišta u zemlji i dao o njima svoje mišljenje. Radio je na trasiranju i izgradnji prve železničke pruge kroz Srbiju. Za vreme oslobođilačkih ratova 1876—78. godine snabdevao je našu vojsku ugljem iz Senja i olovom, koje je topio u beogradskom gradu, u pećima koje je sam ozidao. Kasnije je bio rukovodilac nekih srpskih rudnika i radio sve ostalo što je od njega traženo. Srvšavajući marljivo i savesno svoje poslove Hofman je stekao zavidan ugled. Njegovo mišljenje o rudnicima i rudarstvu uopšte primano je kod nas bez rezerve. Dugogodišnjim radom, najčešćitijim što se zamisliti može, stekao je mnogobrojne prijatelje među stručnjacima i običnim ljudima, seljacima i radnicima. Kada sam pre jedne decenije prospektovao volframove rude po istočnoj Srbiji oko Kučajne, Neresnice, Duboke i Voluje, svi stariji ljudi sečali su se Hofmana, ne samo po liku, već i po dobrom delima. Govorili su o čoveku maloga rasta, pune bele brade i blagih crta lica. Bio je uvek skromno ali lepo odeven i nikuda nije išao bez svog rudarskog štapa. Meštani su ga smatrali svojim učiteljem u rudarstvu. Od njega su naučili da ispiraju zlato iz nanosa. Ali »čiča Okman« oni su se još življe sečali kao neobično dobrog čoveka, koji im se u svakoj nevolji nalazio, pa čak i u bolesti; dugi niz godina

on je narod iz okoline Kučeva lečio i razume se, besplatno.

Feliks Hofman je bio omalenog rasta ali snažne telesne grade, živih pokreta i izvanredne energije. Ljubav prema rudarskom pozivu, koja je katkada prelazila u strast, následio je od predaka, koji su se ko zna kroz koliko vekova bavili rudarstvom. Svi njegovi spisi o prospektovanju terena u Srbiji odišu optimalnim pogledima, pa bilo da se radi o uglju kučajnskog basena, gvozdenim rudama Ralje ili Rakove Bare, zlatnosnim rudama istočne Srbije. Optimizam nije bio neosnovan bar za istraživanja, koja je trebalo da finansira država. Jer ako se pogrešilo u oceni vrednosti jednoga objekta, to je nadoknaden na drugome. Blagojev Kamen je kompenzirao sve ono što je Hofman nepovratno uložio u Kučajnu, i još doneo velike koristi njegovim vlasnicima. A da ne govorimo o Borskem rudniku ili ugljenokopima Senja i Resave, koji su višestruko isplatili sve investicije u obnovljenom rudarstvu Srbije. Sa istim, optimalnim pogledima Hofman je pristupio i otvaranju Kučajne, no ne vodeći računa o tome, da su sredstva, koja je tamo uložio, nezatna za rudarsku industriju, iako su itekako bila značajna za njega kao pojedinca. To mu se posle ljuto osvetilo.

U novijoj istoriji našega rudarstva nema ni jednog rudarskog stručnjaka, koji je tako često pominjan u literaturi kao Hofman. I uvek pozitivno, dobronomerno, kakav je i sam bio. O njemu kao izvanrednom stručnjaku vladalo je nepodeljeno mišljenje, čak i kod njegovih kolega, rudarskih inženjera i geologa, naših i inostranih. Geolog Vilhelm Žigmonti, govoreći o rudarstvu Srbije na jednoj sednici mađarskog geološkog društva (1887.) rekao je:

„Smatram svojom dužnošću da se na ovome mestu sa najvećim priznanjem setim čoveka, koji pripadajući našoj naciji svoju delatnost još od pre 28 godina posvećuje ovom cilju sa izvanrednom energijom, istražnošću i požrtvovanjem. Svaki od nas, koji je putovao po Srbiji i video prodornu aktivnost ovog izvanredno žilavog čoveka, izgovoriće s najiskrenijim poštovanjem ime kraljevsko-srpskog inžinjera montanistike Feliksa Hofmana“.

Kad je Feliks Hofman došao u Srbiju sa ženom i troje sitne dece, jedva je toliko znao srpski, da bi se sporazumeo sa okolinom. A za naše tle i ljudе vezao je tako prisno i

sebe i porodicu, da još i sada, njegova kći Irena, u zavidnoj starosti od blizu 90 godina, piše iz Beča u Srbiju svojim prijateljima duга pisma na lepom srpskom jeziku i cirilicom, kao da nije pre pola veka otišla odavde u raspoloženju ne baš najveselijem. Ne znam drugoga stranca koji se tako svesrdno odužio narodu u Srbiji, što ga je prijateljski i ljudski primio, kao što je to učinio Feliks Hofman.

Pod starost Hofman je imao namjeru, da svoja mnogobrojna promatranja u toku pedesetogodišnjeg rada u Srbiji sredi i izda kao posebnu knjigu. Uoči smrti, na bolesničkoj postelji, govorio je svojoj kćeri Ireni: »Čim se malo oporavim, moraćemo da počnemo sa mojim memoarima«. Smrt ga je, međutim, pretekla. Umro je u Beloj Crkvi u Banatu 4. februara 1914. godine, a sahranjen je u rodnom mestu, Novoj Moldavi, u porodičnoj grobnici predaka rudara. Hofmanovom riznicom, koja se sastojala od mnogobrojnih izveštaja, planova, zabeležaka itd., posle njezove smrti niko se nije koristio. Svoju arhivu Hofman je čuvao u »šumskoj kući« na Blagojevom Kamenu. Za vreme prvog svetskog rata kuća je opljačkana i spaljena. Tako je nepovratno izgubljeno sve ono ogromno znanje i iskustvo, stavljeni na hartiju u toku pedesetogodišnjeg rada na rudarstvu u Srbiji.

Koliko mi je poznato, Hofman je štampao sledeće rade:

Kupfervorkommen von Svinitza. — Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt in Wien, Bd. IX, Verhandl. p. 46, 1858. god.

Izveštaj g. ministru financije o pojavljinjanju kamenog uglja i o ograničavanju rudnog prostora za državu u Senju. — Srpske novine 1875. br. 158—160 i separat iz iste godine.

Privremeno izvešće u rudarsko-geološkom pogledu planine Sturca i starih majdانا na Rudniku Gospodinu ministru financije. — Srpske novine 1875. od 23—29. januara i separat iz iste godine. Zajedno sa Klierićem.

Potajnica u Kučevskoj klisuri. — Glasnik srpskog učenog društva za 1882. godinu.

Tragovi preistorijskog čoveka u Srbiji. — Glasnik srpskog učenog društva 1882. god.

Izveštaj Gospodinu Ministru finansije o rudarstvu u oslobođenim predelima. — Glasnik min. finansija za 1883. god. Zajedno sa Gudovićem, Klierićem i Mašinom.

Geološka studija terena između Aleksinca i Paraćina. (Ova studija nosi naslov »Gospodinu ministru financije«). — Glasnik min. finansija za 1883. god.

Izveštaj gospodinu ministru finansija o rudarstvu u oslobođenim predelima. Svršetak. (Ovo je kraj glavnog izveštaja, samo što su ovaj deo napisali F. Hofman i Sv. Mašin). — Glasnik min. finansija 1883. god.

O Majdanpeku. Istorinski razvitak, geološke i rudarske prilike i današnje stanje rada u njemu. — Godišnjak rudarskog odeljenja I, Beograd, 1892. godine.

U literaturi se pominju i ovi Hofmanovi izveštaji odn. rukopisi:

Ispitivanja duž železničke pruge u geološko-rudarskom pogledu (Sa M. Radovanovićem) 1880. god.

Pregled ruda izloženih na izložbi u Budimpešti 1885. god.

Izveštaj o Majdanpeku 1886. (Zajedno sa M. Mihailovićem, S. Gikićem i J. Milojkovićem).

Expose über das Dobraer Steinkohlenterain in Serbien, 1888.

Izveštaj o rudnicima na Avali 1890. god.



Kongresi i stručna putovanja

XIV međunarodni kongres za rudarstvo i metalurgiju i proslava 200-godišnjice Rudarske akademije u Frajbergu

XIV. međunarodni kongres za rudarstvo i metalurgiju održan je od 13—16. juna 1962. god. U Frajbergu je, u okviru kongresa, proslavljena i 200-godišnjica od osnivanja Rudarsko-metalurške akademije u Frajbergu i stogodišnjica smrти jednog od najzaslužnijih saksionskih rudarskih stručnjaka ing. Kristijana Fridriha Brerala.

Kongres je prisustvovalo oko 300 delegata iz 22 zemlje i to: Australije, Austrije, Belgije, Bugarske, Engleske, Francuske, Grčke, Holandije, Japana, Jugoslavije, Kine, Kube, Mađarske, Mongolije, Istočne i Zapadne Nemačke, Norveške, Poljske, SAD, SSSR i Švedske.

Od strane FNRJ kongresu su prisustvovali: prof. ing. Branko Jokanović, ing. Božidar Popović i ing. Nada Gvozdević, saradnici Rudarskog instituta.

Za kongres je prijavljeno 172 referata od kojih je održano 167. Referati su podeljeni u grupe i to: Glavna predavanja (5 referata), Geologija (prijavljeno 18, održano 15 referata); Podzemno rudarstvo (prijavljeno i održano 16 referata); Površinsko rudarstvo (prijavljeno i održano 7 referata); Naftagas — ugaj (prijavljeno i održano 8 referata); Priprema mineralnih sirovina (prijavljeno i održano 9 referata); Maštine u rudarstvu i elektrotehnika (prijavljeno i održano 7 referata); Crna metalurgija (prijavljeno i održano 14 referata); Metalurgija obojenih metala (prijavljeno i održano 17 referata); Obrada metala (prijavljeno i održano 18 referata); Jatnomerstvo i sleganje zemljišta (prijavljeno i održano 7 referata); Koksovanje lignita (prijavljena i održana 4 referata); Tehnika dubokog bušenja (prijavljeno i održano 5 referata); Osnobne metale i ispitivanje materijala (prijavljeno i održano 7 referata); Primjenjena geofizika (prijavljeno i održano 11 referata); Geologija nafte (prijavljeno i održano 4 referata); Inženjerska i politička ekonomija (prijavljena i održana 2 referata); Ekonomija, organizacija i planiranje u rudarstvu (prijavljeno 6 a održano 5 referata); Ekonomija, organizacija i planiranje u metalur-

giji (prijavljeno 5, a održana 4 referata); Pravo u rudarstvu (prijavljeno i održano 7 referata).

Referati misu štampani nego su čitani na sašticima, što je oduzimalo mnogo vremena i otežavalo diskusiju. Saštanci po grupama su održavani istodobno u raznim prostorijama. Obzirom na ovakvo stanje delegati Rudarskog instituta su prisustvovali samo sledećim predavanjima:

Prof. dr ing. Riedel — Böhlen: „Tehnički i ekonomski problemi prerade nafte i korišćenje produkata prerade u NDR“

Referent ukazuje na brzi porast potreba u energiji i znatno strukturno proširenje industrije hemijskih proizvoda što zahteva, pored povećanja proizvodnje lignita, i korišćenje dopunskih sirovina u prvom redu nafte. Uključivanje nafte, kao dopuna ili u nekim slučajevima potpuna zamena dosadanjih sirovina, mora se uskladiti sa postojećim visoko razvijenim postupcima implementovanja lignita i hemijskom industrijom, koja se zasniva na preradi lignita. I pored toga što će NDR dobijati od SSSR kroz dalekovod 8 mil. t nafte godišnje ostaje se pri programu gasifikacije i prerade lignita.

Prof. Gruson — Freiberg: „Problemi zemnog gasa u savremenoj gasnoj privredi.“

Referent daje pregled povećanja proizvodnje zemnog gasa u svetu. Razmatrane su mogućnosti korišćenja gasa u raznim granama industrije kao i u proizvodnji el. energije.

Prof. Eckardt i Scholze — Freiberg: „Aditivi za lož ulja.“

Porast potrošnje lož ulja u raznim granama industrije nameće potrebu ispitivanja raznih vrsta lož ulja u NDR. Prilikom transporta, lagirovanja i mešanja raznih vrsta ulja dolazi do stvaranja taloga koji često onemogućuje upotrebu ulja. Ispitivane su osobine ulja u pogledu stvaranja taloga kao i procesi koji dovode do taloženja. Pronadena su razna sredstva kao dodaci lož ulju, koja s jedne strane sprečavaju sedimentaciju visoko molekularnih supstanci sa visokim sadržajem ugljenika, a s druge strane katalitički ubrzavaju sagorevanje ulja. Date su metode ispitivanja dodatnih sredstava.

Rozinski S. — Zabrze: „Sadašnje stanje proizvodnje i primene koks briksa u Poljskoj“.

Autor daje šemu tehnološkog postupka proizvodnje koks briketa u Poljskoj, pregled sirovina, iskorišćenje, podatke o koks briketu, rezultate korišćenja koks briketa u livnicama i podatke o ekonomici proizvodnje koks briketa.

Koks briket se proizvodi oksidacijom briketa na temp. do 300°C , koji se dobijaju briktiranjem smeša polukoksa iz nekoksujućih kamennih ugljeva i veziva. Kao vezivo upotrebljava se frakcija katrana preko 300°C i voda. Proizvode se briketi težine 90, 200 i 500 g. Koks briket se proizvodi industrijski, upotrebljava se kao dodatak koksu u livnicama i visokim pećima. Cena koks briketa je za 10–15% niža od cene metalurškog koksa.

Lissner, Rammier — Freiberg: „Proizvodnja visoko-vrednog koksa iz lignita”.

Autor daje rezultate ispitivanja mogućnosti upotrebe koks briketa iz lignita u kupočnim pećima za proizvodnju livačkog gvožđa. U tu svrhu proizvedeni su koks briketi razne veličine i oblika. Najveći koks briketi bili su cilindričnog oblika, prečnika 100 mm, visine 60 mm i težine 200 g. Optimalna je utvrđeno, da se proces topljenja sirovog gvožđa u kupočnoj peći odvija bez teškoća kao i prilikom upotrebe livačkog koksa, jedino je kapacitet peći bio nešto niži.

Blum, Cindea, Nistor, Jonescu — Bukurešt: „Mogućnost odsumporavanja nekoksujućih ugljeva u cilju proizvodnje koksa, naročito putem oksidacije uglja u lebdećem stanju”.

Autori daju pregled postupaka za snižavanje sumpora u uglju, koje su podelili u 3 grupe: mehaničkim putem, hemijskim putem i termomagnetskim putem. U referatu su opisani primenjeni postupci za odsumporavanje rumunskih ugljeva i dati rezultati ispitivanja.

Uspelo se, da se kod nekih ugljeva snizi sadržaj sumpora za 35–40% pri čemu gubitak uglja usled sagorevanja iznosi 3–5%.

Gruson, Garstka — Freiberg, Kraft — Zwickeu: „Proizvodnja livačkog koksa dodatkom antracita koksniim ugljevima”.

U referatu su dati rezultati laboratorijskih ispitivanja proizvodnje livačkog koksa iz mešavine koksnih ugljeva i antracita. Utvrđeno je da količina antracita, koji sadrži 13% isparljivih, ne može biti veća od 20% u mešavini sa koksniim ugljem da bi se dobio koks potrebnog čvrstoće, kod rada sa usipom. Usled toga vršeni su opisi briktiranja mešavina i koksovanja briketa. Utvrđeno je, da se koksovanjem briketa proizvedenih iz mešavine koja sadrži: 70% antracita, 10–15% smole i 15–20% koksniog uglja može dobiti dobar koks briket, koji po čvrstoći odgovara uslovima metalurškog koksa. Sa koksom dobijenim u industrijskim optima vršene su probe u visokim pećima.

Rammier — Freiberg: „Koksovanje lignita kao postupak oplemenjavanja u zemljama bogatim lignitom”.

Autor daje pregled postupaka koksovanja lignita koje po tehničici izvođenja deli u tri grupe:

— Briktiranje lignita bez veziva pod visokim pritiskom i koksovanje tako dobijenih briketa (istočno-nemački postupak).

— Karbonizacija lignita, briktiranje mešavine švel koks-a, smole, i koksniog uglja i koksovanje briketa (jugoslovenski postupak).

— Briktiranje kamenih nekoksujućih ugljeva sa smolom i oksidacija briketa na 300 do 400° (poljski postupak).

Navedeni postupci proizvodnje koksa iz nekoksujućih ugljeva razlikuju se ne samo po načinu proizvodnje nego i po osobinama dobijenih koks briketa od čega zavisi i upotreba ovih.

— Scheinpflug — Karl-Marx-Stadt: „Ispitivanja u cilju koncentracije dvostepene sušnice za prethodno sušenje briketa pre koksovanja”.

Autor iznosi rezultate uticaja brzine sušenja briketa na čvrstoću koks briketa i daje predlog za konstrukciju industrijskog postrojenja za dvo-stepeno sušenje. Postupak se odnosi na sušenje briketa dobijenih bez veziva.

Jaschke — Lauhammer: „Tehnički razvoj i ispitivanje vertikalne komorne peći sa zonom za hlađenje koksa”.

Autor daje nacrt vertikalne komore peći sa zonom za hlađenje koksa, opisuje rad ove peći i iznosi rezultate ispitivanja čvrstoće ovako hlađenog koks-briketa.

Bergdahl — Stockholm: „Tehnika otkopavanja i njen razvoj u švedskim rudnicima”.

Autor daje pregled razvoja proizvodnje želznih ruda u Švedskoj. U 1960. god. postignuta je proizvodnja od 30 mil. t, od čega 15 mil. t daje rudnik Kiruna. Ovako velika proizvodnja se mogla postići usavršavanjem tehnike bušenja, miniranja, transporta kao i uvedenjem automatizacije i elektronike. Dati su i učinci u bušenju i proizvodnji rude kao i način rada pri izboru otkopnih metoda.

Prof. ing. Nazančik: „Iskustva pri otkopavanju žilnih ležišta korisnih minerala u SSSR”.

Autor iznosi podatke o moćnosti ležišta ruda plemenitih metala u SSSR-u, načinu prostiranja i tektonici. Za eksploataciju u ovakvim uslovima, u većini rudnika koristi se magacinska otkopna metoda. O primeni ove metode autor daje detaljnije podatke.

Prof. ing. A. G. Trupak — Moskva: „Metode brze izgradnje jamskih prostorija u SSSR-u”.

Autor u referatu daje podatke o izgradnji rudničkih okana u SSSR-u. Dok je pre 15 godina maksimalni učinak u izgradnji okana iznosio $50 \text{ m}^3/\text{mesec}$, danas iznosi minimalno $62,1 \text{ m}^3/\text{mesec}$ a maksimalno $264,6 \text{ m}^3/\text{mesec}$. Ovi učinci su postignuti uvedenjem mehanizacije svih radova pri izgradnji okana, koja iznosi do 95%.

Dr. ing. Martoš — Budimpešta: „Otkopne metode u rudnicima mrkog uglja u Mađarskoj” od podzemnih voda i neki uslovi ubrzanja otkopavanja”.

Referent iznosi teške hidrološke prilike u rudnicima mrkog uglja u Mađarskoj. Daje podatke o količini vode koja prodire na radilišta kao i o tome odakle potiče ta voda. Navodi najpovoljnije otkopne metode za ove slučajevе i način zasipanja.

Ing. Jolas — Grossdenben: „Hidromehanički transport, postojeće mogućnosti i primena ovoga u mapredovanju radova za odvodnjavanje“.

Referent govori o prednostima hidromehaničkog transporta mase u rudnicima pred klasičnim transportom. Daje podatke o vrstama pumpi i o dodavačima. Daje faktore od kojih zavisi potrebna visina pritiska kao i količina vode pri hidrauličkom transportu.

Referati kao i materijal iz diskusije po referatima biće štampani u toku 1963. god. Rudarski institut će dobiti sav materijal.

ing. Božidar Popović*

IV međunarodni kongres za pripremu kamenog uglja

Međunarodni kongresi za pripremu kamenog uglja održavaju se svake četvrtne godine. Posle II svetskog rata održana su tri ovakva kongresa. Prvi je održan 1950. god. u Francuskoj (Pariz), drugi 1954. god. u Zapadnoj Nemačkoj (Esen), a treći 1958. god. u Belgiji (Lijež). IV međunarodni kongres za pripremu kamenog uglja organizovan je u gradu Harogejt-u (Jorkšajr), Engleska, u vremenu od 28. maja do 1. juna 1962. god. V kongres je zakazan za 1966. godinu i održaće se u SAD-u.

Za vreme IV međunarodnog kongresa u gradu Harogejt-u je otvorena izložba poslednjih engleskih dostignuća — mašinskih uređaja — iz oblasti pripreme uglja (drobljenje, klasiranje, čišćenje, sušenje i drugo).

Na IV kongresu je održano 35 referata, koji su, prema sadržaju, podeljeni u sedam grupa.

Prva grupa referata (4) tretirala je odnose između kvaliteta rovnog uglja, postrojenja za čišćenje uglja i kvaliteta finalnih proizvoda. Tako su u referatima obradivani problemi:

- ujednačavanje kvaliteta rovnog uglja
- povećanje kapaciteta postrojenja za čišćenje uglja ujednačavanjem kvaliteta tretirane sirovine
- ujednačavanje kvaliteta kamenog uglja
- ujednačavanje kvaliteta — osobina uglja, tehnika, troškovi i koristi.

Druga grupa referata (5) obuhvata problematiku iz oblasti automatizacije i kontrole pogona. Ovi referati razmatraju:

- način tretiranja uglja (od iskopanog rovnog uglja pa do primene finalnih proizvoda) u postrojenju koje obuhvata obradu, ujednačavanje kvaliteta i bunkerovanje rovnog uglja, tehniku merenja u pralištu i regulisanja specifične težine, uskladivanje rada flotacije i filtera, brzo određivanje kvaliteta finalnih proizvoda i drugo;

*) Ing. Božidar Popović,
upravnik Zavoda za TPMS
Rudarskog instituta — Beograd

- regulisanje uređaja mašine taložnice pomoću radioizotopa;
- brzu metodu za određivanje sadržaja pepela u sitnom uglju pomoću mekog kvantnog zračenja;
- puteve ka automatizaciji u postrojenjima za čišćenje kamenog uglja;
- prikaz jednog postrojenja za čišćenje kamenog uglja (Maple Greek — Steel Corporation) u SAD, koje je izgrađeno prema savremenim tehničkim dostignućima i koje poseduje uređaje za automatizaciju.

Treća grupa referata (7) obraduje problem čišćenja sitnih klasa uglja i to:

- ciklone u procesu i u postrojenju za čišćenje uglja
- čišćenje uglja koji se lako raspada u hidrociklonu
- teoriju čišćenja kamenog uglja u vodenim ciklonima
- klasiranje mulja u vodenim ciklonima
- čišćenje sitnih klasa uglja na stolovima
- tretiranje sitnih klasa uglja u postrojenju za čišćenje uglja „Jones & Laughlin Steel Corporation“, Pensilvanija, SAD
- ponašanje i rezultate čišćenja sitnih klasa uglja u različitim postupcima čišćenja i prikaz troškova.

Cetvrta grupa referata (7) tretira problem čišćenja najsitnijih klasa uglja i flotaciju. Saopšteni referati obradivali su:

- flotaciju, filtriranje i sušenje mulja u severnom francuskom reviru uglja;
- flotaciju kamenog uglja iz Letringijskog revira;
- uticaj vode, koja cirkuliše u pralištu, i čvrstih čestica iz ove na sirovinu za flotiranje, reflotaciju i ispitivanje i proizvodnju novih flotacionih sredstava;
- odvajanje krupnijeg mulja u ciklonima i centrifugama a zatim čišćenje ostatka pomoću flotacije;
- poboljšanja u oblasti flotacije kamenog uglja novim flotacionim sredstvima, zatim izvesnim konstruktivnim izmenama u flotacionim celijama i orošavanjem koncentrata po površini flotacijskih celija;
- uticaj različitih faktora na kapacitet flotacije;
- uspeh filtriranja mulja kamenog uglja u zavisnosti od razlike u pritisku.

Peta grupa referata (6) čine radovi iz oblasti utvrđivanja sposobnosti čišćenja uglja i određivanja oštine odvajanja. Referati ove grupe tretiraju:

- novu metodu za utvrđivanje efekta odvajanja;
- primenu analognog računa na pojave i zakone klasiranja uglja na osnovu zemljine teže;
- neka praktična razmatranja o upotrebljivosti vrednosti po Teri (ET) kao merilu za oštine odvajanja;

- vrednost za raspoznavanje kod uporedenja i ocenjivanja osobina, koje karakterišu mogućnost čišćenja, različitih ugljeva;
- efekat odvajanja čistog uglja od međuproizvoda i jalovine u pulsirajućoj mašini taložnici u pogonu čiji kapacitet iznosi oko 125 t/h (klasa uglja — 25 + 0 mm);
- preliminarna ispitivanja uticaja izvesnih promenljivih parametara na kapacitet uređaja „Flachtrög-Sinkscheider“.

Šesta grupa referata (3) obrađuje odvodnjavanje najsitnijih klasa uglja. Referati ove grupe razmatraju:

- tretman flotacijske jalovine pomoću sredstava za flokuliranje i nakon ovoga filtriranje jalovine u Diskovom vakuuum filteru;
- novi postupak koji omogućuje sniženje vlage u koksu nakon filtriranja;
- odvodnjavanje ugljenog mulja u novoj RS-centrifugici.

Sedma grupa referata (3) saopštava stanje i smernice današnjeg razvoja u oblasti pripreme kamenog uglja. Ovi referati tretiraju:

- stanje i razvoj pripreme kamenog uglja u Poljskoj;
- novi postupak za čišćenje uglja suvom koncentracijom (elektromagnetsko odvajanje — čišćenje u suspenziji: vazduh + čestice minerala, visoke specifične težine — čišćenje komadnog uglja pomoću radioizotopa);
- postupak sa flotacijskom jalovinom u postrojenjima za čišćenje uglja.

Biblioteka Rudarskog instituta raspolaže sa referatima čitanim na IV. međunarodnom kongresu za pripremu kamenog uglja održanom u Harogejt-u.

ing. Mira Mitrović*

Leobenski dan rudara 1962. godine

Poznato je da su još u 15. i 16. veku održani zajednički stručni sastanci rukovodilaca i vlasnika rudnika u rudnicima Tirola i Salzburga. U 17. i 18. veku ovi običaji održavani su u revirima Šemnicu, Kremnicu i dr. Ovakvi sastanci predstavljali su prethodnike austrijskog dana rudara, samo su oni imali lokalni značaj i bili manje sadržajni.

Sredinom 19. veka obnovljen je u Austriji ovaj stari običaj povremenog sastanka poznatih rudarskih stručnjaka i nazvan „Bergmannstag“. Prvi opšti skup rudara i metalurga Austrije održan je u Beču 1858. god. a do 1961. god. održano je devet ovakvih savetovanja.

*) Ing. Mira Mitrović,
Zavod za PMS Rudarskog instituta
Beograd.

Nauka i tehnika rudarstva, a isto tako i metalurgija, pokazale su u ovom periodu neverovatan razvoj, pa je dan rudara već 1912. održan zasebno.

Leobenski „Bergmannstag 1962.“ predstavlja deseti dan rudara Austrije i održan je u vremenu od 12. do 17. septembra pod pokroviteljstvom predsednika Republike.

Rudarstvo svojim brzim razvojem teži danas ka stalnom povećanju produktivnosti rada, racionalizacijom i automatizacijom proizvodnog procesa. Od rudarskog inženjera zahteva se široko poznavanje procesa rada na otvaranju, eksploraciji i pripremi mineralnih sirovina i široko poznavanje delovanja i savladavanja jamskog pritisaka. Za sticanje znanja i upoznavanje najnovijih dostignuća, izmenu iskustava i upoznavanje naučnika iz celog sveta najpogodniji su ovakvi sastanci.

Kongres je bio veoma plodan, a sadržavao je bogat i raznovrstan program predavanja sa projekcijama i diskusijom. Eminentni stručnjaci iz Austrije i inostranstva održali su 59 predavanja sa tematikom: tendencije naučno-istraživačkog rada i metode eksploracije mineralnih sirovina. Na skupu su izmenjena iskustva stručnjaka na internacionalnom nivou.

Na savetovanju je uzelo učešća 616 učesnika iz 25 zemalja sveta. Najveći broj učesnika bio je iz Zapadne Nemačke i Austrije (sa oko 260 učesnika). Od ostalih zemalja, Poljska je bila zastupljena sa 17, Francuska sa 13, Mađarska sa 9, Jugoslavija sa 8, ČSR sa 7, a ostale zemlje sa 1–3 delegata. Osim učesnika iz evropskih država bilo je učesnika iz SAD, Kanade, Japana, Indije, Afrike i dr.

Program „Leobner Bergmannstag 1962“ saстојao se iz tri dela:

- Rudarska izložba
- Naučni deo
- Ekskurzije (rudnici i energetska područja Austrije).

Rudarska izložba

Tehnički deo: na ovoj izložbi prikazani su mnogobrojni eksponati rudarstva, i industrije Austrije (modeli, mašine, uređaji, metalna konstrukcija podgrada, skice, dijagrami i fotografije).

Proizvodači mašina i uređaja prikazivali su filmove za celo vreme trajanja izložbe.

Izložba rudarske literature: osim već poznate rudarske literature, prikazana je najnovija stručna literatura na ruskom, nemačkom i engleskom jeziku.

Naučni deo

Predavanja su otvorena svečanim delom i pozdravnim govorom predsednika Republike Dr A. Schärlfa, a podeljena su na deset grupa i to: Rudarstvo Austrije, Razvojni pravci rudarstva mineralnih goriva, Prospekcija ležišta, Nafta, Izrada jamskih prostorija i rudarske mašine, Rudarstvo uglja, Rudarstvo metala i nemetala, Mechanika stena i jamski pritisak, Separacija i oplemenjivanje, Naučnoistraživački rad u rudarstvu.

Ekskurzije

Organizovano je 7 stručnih ekskurzija u cilju upoznavanja primenjene savremene tehnike i tehnoloških postupaka u sledećim rudnicima: gvòzdena ruda: Ercberg; ugalj: Köflach, Bergla

Fohnsdorf; magnezit: Millstätter Alpe; olovo: Bleiberg; nafta: bečka sinklinala; so: Hallstatt i bakar: Mitteberg.

ing. Filip Filipović*)

Pitanja i odgovori

Kako je organizovana višestepena nastava na Rudarskom odseku Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu?

Višestepena nastava na Rudarskom odseku Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu uvedena je školske 1960/61. godine. Ona se deli na tri medusobno povezana stepena.

Prvi stepen nastave ima smerove: za eksploataciju rudnika, za eksploataciju nafta i zemnog gasa, za mašinstvo i elektrotehniku u rudarstvu i za rudarska merenja.

Odluku o uvođenju studija I stepena na Rudarskom odseku doneo je Fakultetski savet sa rezervom, s obzirom da je u diskusiji, koja je vodena na fakultetu (u Savetu i Upravi) i van fakulteta (u Savezu inženjera i tehničara rudara, geologa i metalurga), izražena bojazan da znanje koje će imati lice sa svršenim I stepenom neće biti dovoljno da bi se ono sa uspehom uključilo u privredu, ako ono dolazi na studije iz gimnazije i bez ikakve prethodne prakse u rudarstvu. Posebno je isticana, kao razlog za ovakvu bojazan, činjenica, da je rudarstvo vrlo kompleksna struka, tako da su dve godine nedovoljne za sticanje osnovnih i najnužnijih stručnih znanja, čak mi onda kada se uvodi znatnije usmeravanje. U diskusiji, koju su po ovom pitanju vodili predstavnici fakulteta sa predstavnicima Univerzitetskih organa i Saveta za školstvo NR Srbije, istaknuti razlozi nisu bili dovoljni da bi se Rudarski odsek Rudarsko-geološkog fakulteta mogao drukčije tretirati od ostalih struka na tehničkim fakultetima Beogradskog univerziteta, koji su uveli I stepen nastave još školske 1960/61. godine.

Drugi stepen nastave na Rudarskom odseku ne grana se na isti broj specijalnosti kao prvi stepen nastave, već zadržava grupe koje su postojale na fakultetu prema ranijem Statutu (rudarska, sada za eksploataciju rudnika i Grupa za pripremu mineralnih sirovina) i Grupu za eksploataciju nafta i zemnog gasa, koja je osnovana posebnom odlukom Fakultetskog saveta pre utvrđivanja novog Statuta.

Prema tome, drugi stepen nastave na Rudarskom odseku ima grupe: za eksploataciju rudnika, za eksploataciju nafta i zemnog gasa i za pripremu mineralnih sirovina.

Sva lica koja završe pojedine smerove prvog stepena nastave mogu nastaviti studije na odgovarajućim grupama drugog stepena nastave bez ikakvog ograničenja.

Nastava drugog stepena iz pripreme mineralnih sirovina organizuje se od I semestra i traje četiri godine, odnosno osam semestara, jer je preovladalo mišljenje da privreda ima najmanje interesa za stručnjacima prvog stepena ove struke.

Međutim, kandidati koji završe nastavu prvog stepena iz mašinstva i elektrotehnike u rudarstvu mogu se po pravilu upisati na sve grupe drugog stepena nastave s tim, da u toku III godine proslušaju i polože odgovarajući i neophodnu razliku iz I stepena. Pod istim uslovima mogu se upisati na Grupu za eksploataciju rudnika kandidati koji su završili prvi stepen nastave iz Rudarskih merenja. Kandidati, koji završe ova dva smera na prvom stepenu nastave, moći će lakše da se uključe u privredu, na poslove za koje su sposobljeni posle dve godine studija (rudarski mašinac, elektrotehničar, merač), nego što će moći, na primer, onaj koji za-

*) Ing. Filip Filipović,
prof. Rudarsko-geološkog fakulteta,
Beograd.

vrši prvi stepen nastave iz eksploatacije rudnika, jer je potrebno da on duže provede upravo u procesu proizvodnje da bi mogao njime rukovoditi. Za njega su dve godine školovanja doista kratak period da bi stekao najnužnije praktično znanje, ukoliko se ne radi o licu sa svršenom rudarskom srednjom tehničkom školom, a naročito ako ono ima i izvesnu prethodnu praksu u rudničkim pogonima.

Iako na oko postoje razlike u pogledu uslova za nastavljanje studija na drugom stepenu nastave pojedinih smerova prvog stepena Rudarskog odseka, te se razlike kompenzuju, za one smerove, gde su uslovi nešto teži (zbog dopunskih ispita), upravo lakšim uključivanjem u priredu posle završenog prvog stepena nastave i mogućnošću nastavljanja studija na drugim odgovarajućim tehničkim fakultetima — mašinskom, elektrotehničkom i građevinskom.

Treći stepen nastave organizovaće se na Rudarskom odseku Rudarsko-geološkog fakulteta u idućoj školskoj godini (1962/63.) u cilju sticanja stepena magistra i stepena specijaliste iz užih naučnih i stručnih oblasti. Pланови i programi ove nastave još nisu potpuno završeni, ali se nalaze u pripremi i treba da se završe u ovoj školskoj godini.

Prof. dr ing. D. Malić

Šta je autogeno mlevenje i da li se ono u praksi primenjuje?

Pod autogenim mlevenjem podrazumeva se mlevenje rude, bez posredstva stranog materijala, tj. ruda sama sebe drobi i melje. Ovaj način mlevenja se već uspešno primenjuje u rudniku Keretti u Outokumpu (Finska). Ali i pored toga, što se ovaj način mlevenja praktično već primenjuje, potrebna su i dalja ispitivanja u cilju njegovog usavršavanja. Na pomenutom rudniku dosad je utvrđeno da se kod sekundarnog autogenog mlevenja dobijaju znatno bolji rezultati nego li kod primarnog. Dokazano je i to, da su već dosad postignuti rezultati, koji su ohrabrujući.

Ovim najnovijim načinom mlevenja, ušeda se, uglavnom, odnosi na čelik, jer potrošnja čelika, koja je za mlevenje rude u rudniku Keretti iznosila oko 500 g/t rude, potpuno otpada. Potrošnja električne energije ostala je približno ista kao kod mlevenja u kugličnim ili šipkastim mlinovima.

Dokazano je, da je metoda dvostepenog autogenog mlevenja podesnija od jednostepene metode, jer se sitna meljava može izvesti sa komadima rude manjeg prečnika.

Napred pomenutoj uštedi u čeliku suprotstavljaju se veća investiciona ulaganja, koja su potrebna kod prelaza od dosadašnjeg načina mlevenja na ovu novu metodu autogenog mlevenja. Pored toga, mora se uzeti u obzir i građenje zasebnih bunkera za deponovanje (sakupljanje) odgovarajućih komada rude sa kojima će se izvoditi autogeno mlevenje.

U pogledu primarnog mlevenja još se vrše opiti, jer ima momenata koji još nisu potpuno jasni, pa će verovatno i kod toga doći do zadovoljavajućih rezultata.

Konačno se može reći, da je po svoj prilici, kod jedne postojeće separacije, vrlo teško preći na ovu novu metodu autogenog mlevenja. Međutim, kod izgradnje nove separacije, dvostepeno autogeno mlevenje pruža sve mogućnosti za ušetu znatnih investicionih ulaganja.

ing. S. Gifing

Kakva najnovija sredstva postoje za praćenje sadržaja metana u jamskom vazduhu?

U tehnički naprednim zemljama uveliko se radi na izučavanju metoda obezbeđenja od eksplozije jamskih gasova i ugljene prašine. Uprkos korišćenja svih savremenih naučnih sredstava ne može se reći, da su dosad postignuti rezultati potpune bezbednosti od eksplozija pa predstoji da se i nadalje vrše naučna istraživanja višeg stepena. Zasad radi se na usavršavanju aparata za detekciju eksplozivnih gasova i ugljene prašine.

Za detekciju metana od strane Mine Safety Appliances Co. Ltd iz Glazgova objavljen je metanometarski detektor sa skalom za praćenje sadržaja metana od 0,2% naviše, dok je za kontinuiranu detekciju i automatsko beleženje mešavine u jamskoj atmosferi objavila Sigma instrument Co. Ltd grafički metanometar.

Detektori na bazi izotopa su u toku usavršavanja.

ing. Ž. Cvetković

Obaveštenja

Medunarodna studijska grupa za olovo i cink

Osnivanju Medunarodne studijske grupe za olovo i cink prethodila su dva sastanka u Londonu i Ženevi za vreme teške situacije na tržištu metala a naročito olova. Na tim sastancima su današnji članovi studijske grupe izmeđali mišljenja o karakteru i potrebi formiranja jedne takve organizacije na međunarodnoj platformi, a takođe su uočeni problemi koji će biti predmet razmatranja predstavnika zemalja proizvođača i potrošača u ovoj organizaciji.

Prvi i drugi sastanak studijske grupe održan je u januaru odnosno septembru 1960. godine. Kao i na preliminarnim sastancima i na ovim je nastojanje organizacije bilo usmereno na okupljanje što većeg broja proizvođača i potrošača olova i cinka u svetu. Danas je u ovoj organizaciji učlanjeno 25 zemalja a to su: Australija, Belgija, Kanada, Čehoslovačka, Danska, Finska, Gvatemala, Francuska, Zapadna Nemačka, Indija, Italija, Japan, Meksiko, Maroko, Holandija, Norveška, Peru, Poljska, Južna Afrika, Španija, Švedska, Velika Britanija, SAD, SSSR i Jugoslavija. Privremeno sedište studijske grupe je u Njujorku, a razmatra se mogućnost premeštanja i formiranja stalnog sedišta u Ženevi.

Rad ove međunarodne organizacije odvija se preko zasedanja koja jedino imaju odlučujuću reč, dok se pripreme materijala vrše kroz: stalni komitet, komitet za statistiku i kroz specijalne radne grupe i to: za proizvodnju (Austrija, Belgija, Peru, SAD); za potrošnju (Francuska, Japan, Velika Britanija, SAD); za nacionalnu i privrednu politiku (Kanada, Zapadna Nemačka i Meksiko). Tehnikom rada rukovodi stalni sekretarijat. Finansiranje međunarodne grupe vrši se doprinosima članica grupe. Sem toga, sekretarijat studijske grupe izdaje stalni mesečni statistički bilten sa situacijom olova i cinka u svetu. Treba naglasiti da je posebna pažnja posvećena iznalaženju mogućnosti da se ustpostavi što bolja statistika, jer ona je podloga uspešnog odvijanja rada ove međunarodne organizacije.

Cilj formiranja ove studijske grupe je, da se kroz jedan međunarodni forum traže i nalaze rešenja, koja bi pridonela ublaženju situacije,

koja je proizašla od nesklada proizvodnje i potrošnje, u prvom redu olova, a u poslednje vreme i cinka.

Jedan u nizu problema, koji stoje pred studijskom grupom da se prouče i reše, je sledeći:

- niske stope porasta potrošnje, a naročito olova;
- odnos između topioničkih kapaciteta i potrošnje;
- odnos porasta supstitucije i proizvodnje olova s jedne strane i tendencija cena olova i cinka s druge strane;
- marginalni kapaciteti;
- uvozne kvote i devizna ograničenja;
- uvozne carine;
- fluktuacija sredstava za plaćanje u spoljnoj trgovini;
- odnos između potražnje olova i cinka i opšte privredne aktivnosti;
- uticaj nestabilnosti cena olova i cinka na perspektivne investicije;
- smanjenje istraživačke delatnosti u periodu niskih cena i dr.

Sledeći podaci ilustruju stanje metala olova i cinka u svetu. Proizvodnja primarnog olova u svetu (bez zemalja istočne Evrope) u 1961. godini iznosila je 2,364.000 tona, prema potrošnji od 2,287.000 tona. Očekuje se da će proizvodnja primarnog olova u 1962. godini iznositi oko 2,381.000 tona, prema potrošnji od oko 2,353.000 tona. Prema ovome, zalihe kod proizvođača koje su krajem 1961. godine iznosile 363.000 tona, povećaće se na oko 489.000 tona krajem 1962. god.

Proizvodnja primarnog cinka u svetu (bez zemalja istočne Evrope) iznosila je u 1961. godini 2,566.000 tona, prema potrošnji od 2,622.000 tona. Predviđa se da će proizvodnja u 1962. godini iznositi oko 2,799.000 tona, a potrošnja oko 2,772.000 tona. Kod cinka dosada nije bilo zaliha, sem nekomercijalnih, ali se očekuje da će se u 1962. godini i kod ovog metala pojaviti neprodato zalihe, ukoliko se proizvodnja i potrošnja cinka u 1962. godini ostvari na predviđenom nivou. Pod pretpostavkom da će izvoz cinka iz zemalja istočne Evrope biti na nivou 1961. godine, očekuje se da će neprodato zalihe kod proizvođača izneti na kraju 1962. godine oko 119.000 tona.

Značajnu ulogu u snabdevanju potrošača olovom i cinkom igraju i sekundarni metali, koji zavisno od cene primarnih metala učestvuju sa većim ili manjim delom u snabdevanju tržišta. Računa se da u SAD oko 4 miliona starog olova konkurišu primarnom. U Velikoj Britaniji ceni se da jedna polovina olova i jedna četvrtina cinka od ukupne godišnje potrošnje su od sekundarnih metala. U SAD oko 20% potrošnje cinka dolazi iz sekundarnog metala.

Iz ovoga pregleda se vidi da postoji disparitet u potrošnji olova i cinka i da ta razlika stvara probleme za održavanje ravnoteže proizvodnje i potrošnje kako jednog tako i drugog metala. Poznato je da se ova dva metala u većini slučajeva proizvode iz iste rude i da veća potražnja jednog dovodi do hiperprodukcije drugog metala.

Promene u primeni olova, kao i jaka konkurenčija supstituta i velike količine sekundarnog olova, uticale su na stvaranje velikih neprodatih zaliha kod proizvođača. Kao posledica svega ovoga poslednjih godina došlo je do osetnog pada cena kako jednog tako i drugog metala. U poređenju sa 1951. godinom cene u 1961. godini su za olovu niže za 153%, a za cink za 120% na londonskom tržištu, odnosno 60% za olovu i 56% za cink na njujorškom tržištu. Razlika između londonskog (LME) i njujorškog (EMJ) je u carinama i transportu.

Ovaj kratak pregled situacije po olovu i cinku u svetu najbolje ilustruje motive koji su rukovodili proizvođače i potrošače olova i cinka da se kroz jedan međunarodni forum ujedine i nadu najbolja rešenja za održavanje ravnoteže proizvodnje i potrošnje ovih metala kao i u pronađenju daljih mogućnosti primene istih. Razmatraju se i predlažu razne mere koje bi pomogle rešenju problema, a to su: kontrola proizvodnje, dobrovoljno sniženje proizvodnje olova i cinka u svetu, Buffer stokovi, izvozne kvote, dobrovoljne izvozne kvote i dr.

Poslednja dva zasedanja, IV i V, uglavnom su bila posvećena problemu dobrovoljnog sniženja proizvodnje olova i cinka kao i održavanja na istoj visini izvoza iz istočnoevropskih zemalja.

Postignuto je to da su neke zemlje dale obaveze da neće povećavati proizvodnju u 1962. godini dok su se druge obavezale da će izvoz zadržati na nivou 1960. godine u odnosu na 1961. i to kako po olovu tako i po cinku, time da problem povećanja proizvodnje reše kroz povećanu domaću potrošnju.

ing. M. Žeravica
Savezni zavod za privredno planiranje, Beograd

Prikazi iz literature

Autor: Avlasenko i Kovalevskij
Knjiga: Автоматизация шахтных установок
(Automatizacija rudničkih postrojenja)
Izdavač: Gosudarstvennoe izdateljstvo tehničeskoy literaturi USSR, Kijev, 1960. godine.

U knjizi je dat prikaz električnih šema i aparaturre za automatizovanje rudničkih uređaja, kao i podaci o iskustvima za montažne radove i eksploataciju nekih automatskih uređaja u ukrajinskim rudnicima.

Knjiga je namenjena inženjerima i tehničarima, koji se nalaze u pogonima, a može poslužiti i elektromonterima, koji se bave montažom i održavanjem automatskih uređaja, kao i projektantima manjih automatskih uređaja.

Opisani su automatizovani uređaji za sledeće procese u rudnicima:

- odvodnjavanje,
- hidraulični transport,
- ventilaciju,
- transport pomoću vitla sa beskonačnim ujetom,
- transport pomoću gumenih transporterata,
- pomoćne procese za podzemni transport,
- izvoz i
- pomoćne procese za površinske uređaje.

U poglavlju o automatizaciji uređaja za odvodnjavanje opisano je više principijelnih rešenja, kako sa tačke gledišta električnih šema, tako i u pogledu karakteristika sistema punjenja crpki vodom i položaja crpke u odnosu na vodosabirnik.

Vrlo je detaljno obrađeno pitanje prednosti i manja pojedinih rešenja, kao i ponašanje raznih tipova aparatura u raznim uslovima.

Date su smernice za usavršavanje, potrebno za dalji razvoj automatizacije jamskog odvodnjavanja. Tako su obrađeni i hidraulični transport, ventilacija, transport pomoću vitla i gumениh transporterata.

Što se tiče pomoćnih procesa za podzemni transport, autori su opisali automatizaciju istrešanja vagoneta koji su spojeni u kompoziciju bez odvajanja vagoneta iz celine. Osim toga, dato je daljinsko upravljanje skretnicama na jamskim kolosecima i najzad automatsko upravljanje skretnicama.

Automatizacija izvoza je podeljena na izvoz koševima i izvoz skipovima i za svaki od pomenutih načina dati su opisi za nekoliko raznih rešenja.

Od pomoćnih procesa za površinske uredaje naročiti interes predstavlja opis automatskog vipersa i uredaja za kompenzaciju visine (donji lanac za odvoz vagoneta iz vipersa) opis automatizovanog kompenzatora visine čunastog tipa, automatizacije kompresorskih stanica i automatizacije kaloriferno-ventilacionog uredaja, koji zagrevaju vazduh pomoću pare.

Knjiga je napisana veoma pristupačno i ne poseduje matematički materijal.

ing. Đ. Jarošević

Autor: N.D. Skoba i Paloženko

Knjiga: Скоростное проведение горизонтальных выработок в крепких породах

(Ubrzano izvođenje horizontalnih pripremnih radova u tvrdim ležištima).

Izdavač:

Gosudarstvennoe izdateljstvo tehničeskoj literaturi SSSR Moskva, 1962.

Najnovije delo iz naučne oblasti rudarstva, izdato u Moskvi 1962. godine na 140 strana teksta sa 69 crteža i grafikona i 29 tablica, daje podatke višegodišnjeg naučno-istraživačkog rada na ubrzajujućoj izradi i organizaciji jamskih hodničnih objekata, uključujući učinke napredovanja i odgovarajuća sredstva mehanizacije. Namjenjena praksi i rudarskim školama, knjiga evidentira višegodišnje naučne podatke.

Knjiga se sastoji iz dva dela i osam poglavlja, i pruža analitičku preglednost procesa ubrzanja izvođenja jamskih radova s jedne i način organizovanja izvršenja planova uz više primera ekonomskih računica s druge strane.

Iz opšte tablice svih tehničkih pokazatelja na 12 rudnika SSSR-a u šestogodišnjem radnom periodu postignuto je četverostruko povećanje

brzine izvođenja radova sa brzinom bušenja $0,24 \text{ m/min}$ i učinkom proizvodnje $6,4 \text{ m}^3/6 \text{ h}$ po čoveku. Pošto najviše vremenskih gubitaka ima na bušenju i utovaru, to je u knjizi dat pregled oko petnaest tipova mehaničkih ručnih bušilica i šest tipova bušaćih kolica kao i jedan tip samohodne povratno udarne univerzalne bušaće mašine. Od sredstava utovara, prikazani su uporedni pokazatelji za pet tipova domaćih i pet stranih, kao i opšti tip skrepernog utovarača. Jamski transport i pretovarna sredstva sa komunikacijama data su ilustrativno i šematski, a takođe i podgradivanje, provetranje i odvodnjavanje. Naročito za praktičnu upotrebu u projektovanju pregledno su date formule utroška eksploziva, troškova napredovanja radova, učinaka količinskih i dužinskih mera i brzina bušenja, kapaciteta utovara, pretovara i otpreme, kao i drugih pratećih procesa.

Kao prilog kompletiranju utovara i otpreme data je šema povezanosti skrepernog utovarača i vagon-bunkera. Svojstva vagon-bunkera moraju da udovolje kapacitetu proizvodnje jednog radnog ciklusa, konstruktivnoj sposobnosti za produžavanje i skraćivanje dužine i elastičnosti za mimoilaženje hodničnih krivina.

U drugom delu knjige, u kojem se obrađuje organizacija ubrzanog izvođenja radova, data su upoređenja metoda tehnološkog procesa rada za postizanje tri radna ciklusa u smeni, što je zavisno od izbora vrste bušilica, brzine utovara, veličine vagoneta ili, pak, vagon-bunkera i brojnog sastava radne brigade. Probe su pokazale da na čelu površine 9 m^2 sa zaposedanjem brigade od 4–5 ljudi postiže se napredak hodnika 150 – 200 m mesečno upotrebom ručnih bušilica i mehaničkih utovarača, dok se upotrebom mehaničkih bušilica postiže i do 300 m mesečno, a postoje mogućnosti povećanja i na 400 m mesečnog napredovanja, ukoliko se primenjuje skreperni utovarač. Uz majsavremeniju organizaciju brzog podgradnog obezbeđenja može se postići i 900 m dužine hodničnog napredovanja.

U daljem tekstu data je formula godišnje neophodne izrade pripremnih hodnika, način sastavljanja grafičkona organizacije radova i izrade, način jamske razrade i ocedivanja jame, organizovanja, projektovanja i izvođenja planova, pitanje obezbeđenja rada i ekonomike saobraćnog izvođenja radova.

U zaključnom poglavlju dati su praktični primjeri izračunavanja ubrzanog izvođenja pripremnih hodnika za više rudnika u SSSR-u, proprićeno sa primenjivanim profilima i ilustrovano vremenskim grafičkonom.

ing. Ž. Cvetković

ŽELEZARNA RAVNE

TVORNICA PLEMENITIH ČELIKA

RAVNE NA KOROŠKEM

PROIZVODI:



UGLJENIČNI, LEGIRANI I VISOKOLEGIRANI
ČELIK

ČELIČNI LIV

VALJANE PROFILE

ODLIVKE

BRZOREZNI ALAT - GLODALA (FREZERI) KVALITETA „ELOMAH“,
TOKARSKI NOŽEV, SPIRALNE BURGIJE I
KRUŽNE TESTERE ZA HLDNO REZANJE
METALA

PNEUMATSKI ALAT - BUŠAČI I OTKOPNI ČEKIĆI, ČEKIĆI ZA ČIŠ-
ČENJE, DLETENJE I ZAKOVIČANJE, I RUČNE
BRUSILICE itd. SA REZERVnim DELOVIMA

INDUSTR. NOŽeve - ZA DRVNU, PAPIRNU, TEKSTILNU, KOŽNU,
DUVANSKU I METALNU INDUSTRIJU

KOLSKE SLOGOVE - ZA RUDARSKE I GRAĐEVINSKE VAGONETE

PIGLER VALJKE

VALJKE ZA HLADNO VALJANJE METALA

LISNATE GIBNJEVE I SPIRALNE OPRUGE — ZA
AUTOMOBILE

ŽICU ZA ZAGREVANJE (CEKAS I KANTAL)

VRŠI USLUGE:

DAJE:

ORGANIZUJE:

Termičku obradu — kaljenje, poboljšavanje, cementiranje,
mehaničku obradu, grubu i finu za poručene ulivke-odušve
informacije i uputstva za izbor, obradu i preradu,
termičku obradu i upotrebu naših čelika
stručne tečajeve za brušenje industrijskih noževa

300 godišnje iskustvo u izradi plemenitih čelika
garantuje visoki kvalitet naših proizvoda

„GEOMAŠINA“

FABRIKA BUŠAČIH MAŠINA I PRIBORA — ZEMUN.
BATAJNIČKI DRUM 10 km.

TELEFON: 607-924
607-922



PROIZVODI:

Bušilice za jamska i površinska bušenja

do dubine od 150 — 700 m., za sva rudarsko-geološka istraživanja; svi komandni uređaji su hidraulični i omogućavaju lake i brze manevre; mogućnost bušenja pod uglom od 0-360°; vrlo lako se demontiraju i pogodne su za transport; po želji naručioca mogu se agregatirati na prikolici ili saoniku;

ZA SVE BUŠILICE OBEZBEĐUJEMO ODGOVARAJUĆI PRIBOR ŠVEDSKOG STANDARDA

Hidraulične podgrade

Upotrebljavaju se za podgradivanje hodnika u rudnicima; lako se postavljaju u radni položaj; imaju veliku moć nosivosti i omogućuju veliku bezbednost pri radu.

Potkopne krune za ugalj Ø 42 mm.

Upotrebljavaju se za bušenje u uglju za otpucavanje; naročito dobre rezultate su pokazale kod bušenja lignita, ali se isto tako sa uspehom primenjuju i kod mrkih ugljeva i treseta.

Udarne krune za kamen

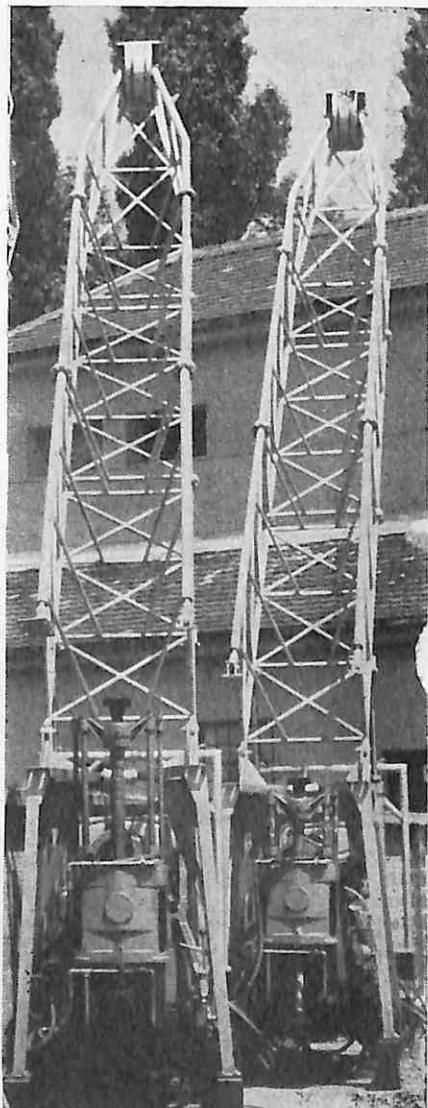
Upotrebljavaju se za bušenje tvrdih stena i ruda; napravljene su od specijalnog čelika sa ugrađenim tvrdim metalom, što im omogućava dug vek trajanja i veliki radni učinak.

Filter cevi izradene po DIN-4922

Upotrebljavaju se za eksploraciju vode iz bušotina; zaštićene su specijalnim antikorozivnim sredstvima, što im omogućava dugo trajanje; isporučuju se sa mostičavim i svetlim prorezima.

ZA SVE MAŠINE DAJEMO GARANCIJU OD 6 MESECI.

SVE NAŠE PROIZVODE ISPORUČUJEMO PREKO »RUDARA« — BEOGRAD, KOLARČEVA 1/IV I »RUDARA« — ZAGREB, TOMAŠIĆEVA 6.



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

