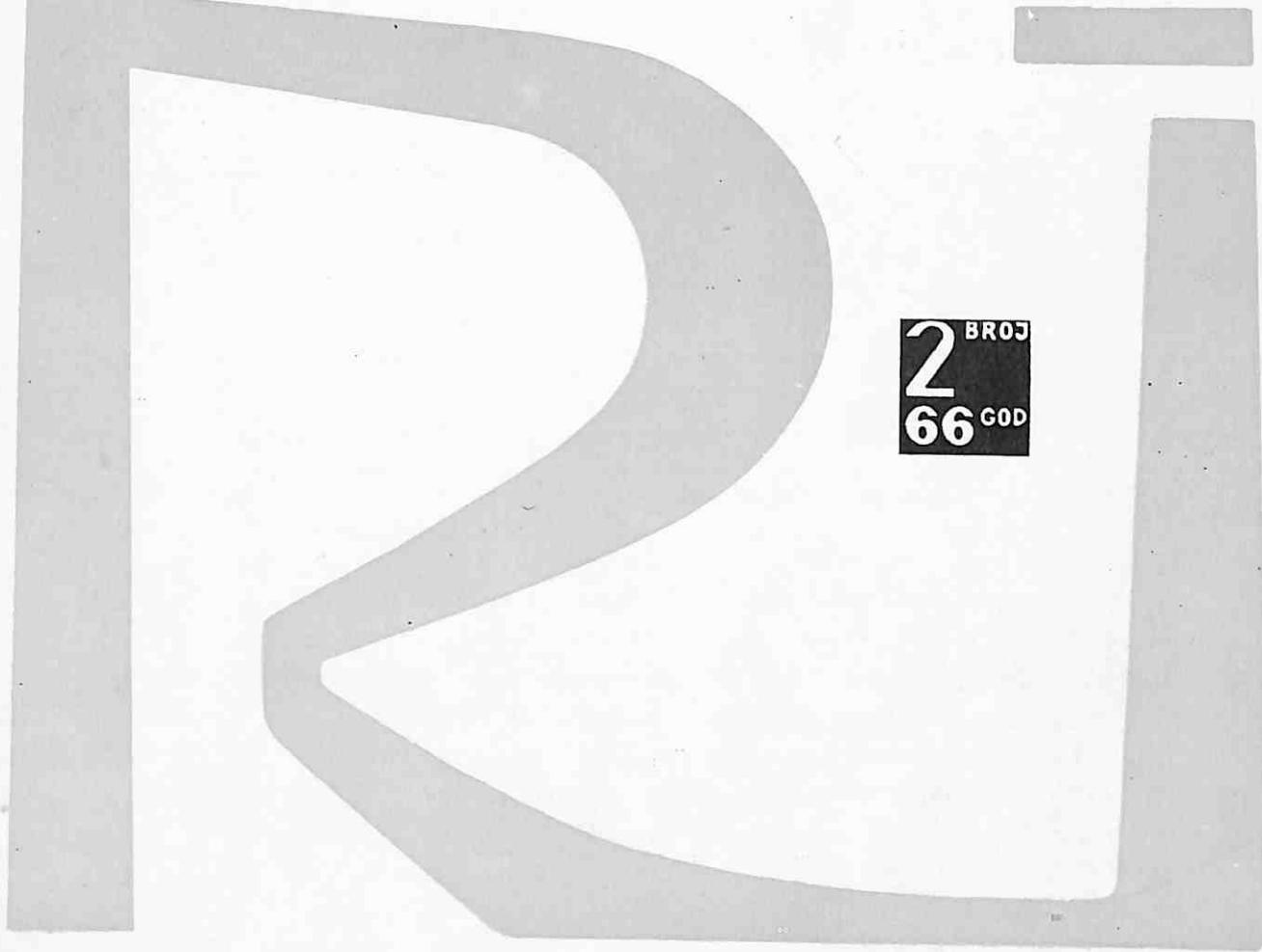


**2** BROJ  
**66** GOD

# **RUDARSKI GLASNIK**

BULLETIN OF MINES  
BULLETIN DES MINES  
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ  
BERGBAUZEITSCHRIFT

IZDAVAC: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNICKI PUT 2  
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIE  
ŠTAMPARIJA: »BRANKO ĐONOVИĆ«, GUNDULICEV VENAC 25, BEOGRAD



**2**<sup>BROJ</sup>  
**66**<sup>GOD</sup>

# **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**

**SUMBULOVIC dipl. ing. MOCO, Beograd**

**ČLANOVI REDAKCIJONOG ODBORA**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**SADRŽAJ****INDEX***Eksplotacija mineralnih sirovina***DIPL. ING. JANOS KUN**

*Razvoj direktnog odlaganja jalovine kontinualnim načinom na površinskim otkopima u nekim zemljama sveta i mogućnosti primene ovakve tehnologije na našim površinskim otkopima lignita (I deo)* — — — — — 5

*Development of Direct Waste Rock Deposition in a Continuous Way in Open Pit Mines in the World and Possibility of Application of this Technology to our Lignite Open Pit Mines* — — — — — 20

**DR ING. RUDOLF AHCAN**

*Analiza postignutih rezultata primenom horizontalne i vertikalne koncentracije otkopavanja uglja* — — — — — 21

*Analitical Review of Achieved Results Applying Horizontal and Vertical Concentration of Getting Coal* — — — — — 26

**PROF. ING. N. NAJDANOVIC — DR ING. STOJADINOVIC — DIPL. ING. R. OBRADOVIC**

*Ispitivanje stabilnosti bagera vedričara na radnim etažama sa gledišta nosivosti tla u podlozi* — — — — — 27

*Untersuchungen der Standfestigkeit der Eimerkettenbagger auf den Arbeitsstrossen vom Standpunkt der Tragfähigkeit des Grundbodens aus betrachtet* — — — — — 34

*Priprema mineralnih sirovina***DIPL. ING. ALEKSANDAR STOJSIC**

*Automatizacija i njene mogućnosti u postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina* — — — — — 35

*Automation and its Possibilities in Lead Zink Concentrators* — — 49

*Ekonomska geologija***PROF. DR ING. SLOBODAN JANKOVIC**

*Metalogenetske epoke i metalogenetska područja boksita Jugoslavije* — — — — — 51

*Die metallogenetischen Epochen und metallogenetische Bereiche des Bauxits in Jugoslawien* — — — — — 62

**PROF. DR ING. SLOBODAN JANKOVIC**

*Manganska ležišta Jugoslavije* — — — — — — — — 65

*Die Manganlagerstätten Jugoslawiens* — — — — — — — — 74

**PROF DR ING. SLOBODAN JANKOVIC**

*Tipovi ležišta, metalogenetske epoke i metalogenetska područja zlata u Jugoslaviji* — — — — — — — — — — — — — — 77

*Lagerstättentypen, metallogenetische Epochen und metallogenetische Bereiche des Goldes in Jugoslawien* — — — — — — — — — — — — — — 80

## *Aparati i uredaji za rudnike*

*Dipl. Ing. LJUBISAV PETROVIC*

|  |    |
|--|----|
| <i>O aparatu za određivanje karakteristike temperaturu — vreme za laboratorijsko merenje zapaljivosti ugljene prašine</i>          | 83 |
| <i>About the Apparatus for Determining Temperature — Time Characteristic for the Laboratory Measuring Coal Dust Inflammability</i> | 91 |

Ekonomika

PROE. DR. ING. MILAN JOVANOVIĆ

**PROBLEMI RAZVOJA PROIZVODNJE BAKRA** — — — — — **93**  
**Some Problems of the Development of Copper Production** — — — — — **101**

**PROF. DR ING. ĐURA LESIĆ**

*U prilog dinamizma u oblasti pripreme mineralnih sirovina — — —* 103

## *Kongresi i stručna putovanja*

**PROF. ING. NIKOLA NAJDANOVIC**

Mehanika tla u rudarstvu — savetovanje u Klaustalu, 1965. — — — 105

**DR ING. RUDOLF AHCAN**

*Dipl. Ing. PETAR MILANOVIC*

*II poljsko-jugoslovenski rudarski simpozijum, Vroclav, 1966.* — — 110

**DIPL. ING. FRANJO SAPAC**

*I međunarodni sajam rudarstva, opreme za rudarstvo i zaštitnih sredstava za rad u rudarstvu i popratne stručne manifestacije u okviru Proljetnog međunarodnog zagrebačkog velesajma 16-24. IV 1966.*

## **Obaveštenja**

## In memoriam



Na dan 24. aprila 1966. godine iznenađeno je preminuo dipl. ing. Vladimir Vujošić, direktor Saveznog geološkog zavoda i predsednik Veća Narodne tehnike Jugoslavije.

Kratka i opora vest duboko je potresla sve nas, jer je nestao iz redova savremenika i pregalaca Revolucije jedan divan i plemenit čovek, beskompromisni borac, omiljen drug, veliki humanista, iskusni privrednik i odličan stručnjak.

Vladimir Vujošić rođen je 1912. godine u selu Bajci kod Bileća.

U borbi za životni opstanak napuštajući teške uslove hercegovačkog krša obreo se je u Beogradu; radeći kao radnik sa svojom braćom i dajući časove neumorno je i strpljivo učio. Bio je napredni omladinac IV muške gimnazije, zatim aktivni učesnik u naprednom studentskom pokretu. Kao takav opredelio se je za progres, za borbu.

On donosi čvrstu, nepokolebljivu odluku o svom daljem životnom putu. Mladi inženjer Vujošić u presudnim danima 1941. godine, odmah u početku ustanka, kao komunist, izlazi sa rudarima Trepče i postaje komandir čete. Veoma hrabar i umešan komandir, zamenik komandanta, komandant, komesar Kopaoničkog partizanskog odreda, Južnomoravskog partizanskog odreda 6. južnomoravske udarne brigade u danima Narodno oslobođilačke borbe — u periodu mirnodopske izgradnje iskusan i odličan stručnjak, privrednik i rukovodilac prelazi sa jedne dužnosti na drugu: generalni direktor Borskog rudnika, pomoćnik saveznog ministra rudarstva, generalni direktor fabrike kablova, savezni sekretar za industriju, potpredsednik Savezne industrijske komore i direktor Saveznog geološkog zavoda.

Drug Vlado Vujošić unosi je sebe u sva stvaranja koja je Revolucija nalagala. Nesebično sagorevajući služio je kao primer kako istrajno i neumorno treba prilaziti novim revolucionalnim zadacima.

Snažno je urezana slika tog vedrog čoveka, neustrašivog borca, iskusnog vojnog

rukovodioca, velikog komandanta, nosioca  
bratstva i jedinstva, skromnog čoveka.

Drug Vladimir Vujović bio je odličan poz-  
navalac naše mineralne sirovinske baze.  
Stalno je isticao potrebu sistematskog una-  
pređenja našeg rudarstva. Borio se i ulagao  
napore za modernizaciju i unapređenje na-  
šeg rudarstva i njegov trajniji napredak.

Opraštamo se sa drugom Vujovićem kao  
uzornim borcem naše Revolucije i primer-  
nim i predanim graditeljem socijalizma.  
Ostaće nam duboko urezan u našim srcima,  
neomeđen u svojoj prisutnosti, neograničen  
u svom trajanju.

## Eksplotacija mineralnih sirovina

# Razvoj direktnog odlaganja jalovine kontinualnim načinom na površinskim otkopima u nekim zemljama sveta i mogućnosti primene ovakve tehnologije na našim površinskim otkopima lignita (I deo)

(sa 19 slika)

Dipl. ing. J a n o š K u n

### Uvod

U ukupnoj proizvodnji uglja u Jugoslaviji, koja je u 1965. godini iznosila 30 miliona tona, učešće lignita je iznosilo 18,3 miliona tona ili 61%. Od ove ukupno proizvedene količine lignita površinskim načinom otkopavanja proizvedeno je 6,3 miliona tona ili 34,6%.

Iz datog pregleda o proizvodnji lignita u periodu od 1954. do 1965. godine (sl. 1) vidi se porast učešća lignita u ukupnoj proizvodnji uglja u SFRJ, koje je vrlo rapidno, kao i učešće površinskih otkopa u ukupnoj proizvodnji lignita.

Nagli porast proizvodnje lignita u SFRJ i sve veće učešće lignita u ukupnoj proizvodnji uglja u SFRJ, objašnjava se time da se i pored relativno niske kalorične vrednosti sirovine, postižu veoma niski troškovi proizvodnje po jedinici toplotnog ekvivalenta zahvaljujući u prvom redu velikim mogućnostima za masovnu proizvodnju i razvoj velikih kapaciteta. Dosadašnji rezultati u direktnom odlaganju jalovine kod nas i u inostranstvu pokazali su da za sada ne postoji u ekonomsko-tehničkom pogledu potpunija tehnologija otkrivanja nego direktno prebacivanje jalovine najkraćim — po-prečnim putem u otkopani prostor.

Danas se smatra da je najjeftiniji način odlaganja jalovine — način direktnog odlaganja, koji se može uspešno primeniti na

površinskim otkopima lignita koji imaju povoljne montan-geološke uslove za eksplotaciju.

### Tehnika direktnog odlaganja jalovine

U troškovima proizvodnje lignita površinskim načinom skidanje jalovine čini osnovni elemenat. Sa porastom odnosa otkrivka: ugalj rastu i troškovi eksplotacije, pa je potrebno primeniti način skidanja jalovine koji bi omogućio da ovi troškovi budu što niži.

Direktno odlaganje jalovine je za sada najjeftiniji način koji se može primeniti na svim površinskim otkopima lignita sa povoljnim uslovima eksplotacije. Na površinskim otkopima, gde se zbog velike visine jalovog pokrivača ne može isključivo primeniti samo direktno prebacivanje jalovine, potrebno je primeniti kombinovani način, odnosno direktno prebacivanje donjeg dela i transport po etažama jalovine u gornjem delu moćnog jalovog pokrivača.

Direktno odlaganje jalovine može se osvariti na više načina i to:

— direktnim prebacivanjem otkrivke pomoću bagera sa normalnom kašicom ili bagera sa povlačnom kašicom (bager dreglajn),

— direktnim transportom otkrivke uz pomoć mosta za transport i odlaganje i

— direktnim odlaganjem pomoću direktno povezanih kombinovanih mašina bager-odlagač.

Direktno prebacivanje jalovine pomoću bagera sa normalnom kašikom ili bagera dreglajn se vrši na taj način da se pomenu tim bagerima, koji su za ovu svrhu opremljeni dugačkom streлом, otkopana jalovina direktno prebacuje odnosno istovaruje u prostor iz koga je otkopana korisna supstanca (»otkopani prostor«). Ovakva tehnologija sa bagerima dreglajn se naročito mnogo primenjuje na površinskim otkopima kamenog uglja u Sovjetskom Savezu, a bagerima sa normalnom kašikom na površinskim otkopima u SAD. Pomenuta tehnologija je predodređena za površinske otkope maloga kapaciteta koji imaju čvršću otkriv-

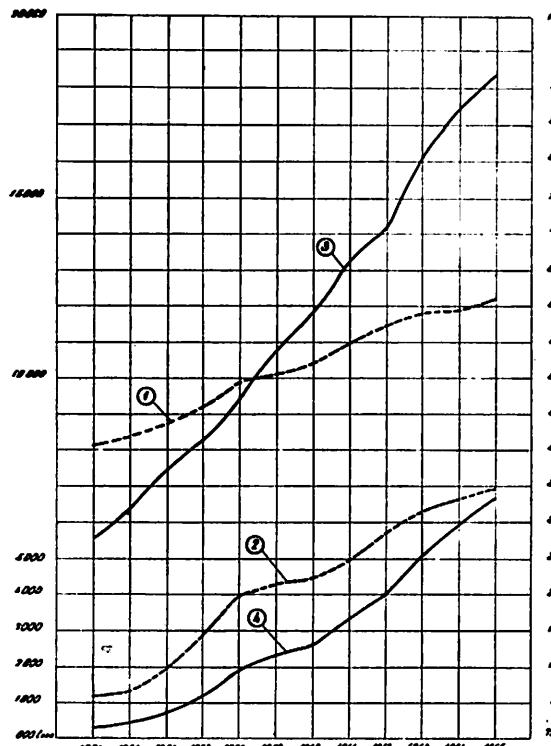
ku i povoljan odnos jalovina prema uglju. Na našim većim površinskim otkopima opisani način direktnog prebacivanja jalovine primenjuje se u vrlo malom obimu i to samo tamo, gde je to moguće na kraće vreme, kada to uslovi napredovanja radnih frontova otkopa omogućuju. Razlozi za ovo su nepovoljne fizičko-mehaničke osobine jalovine, slojevi lignita velike moćnosti i relativno veliki kapacitet otkopa koji se očekuje u krajnjem razvoju. Kod površinskih otkopa manjeg kapaciteta, koji zadovoljavaju u pogledu fizičko-mehaničkih osobina tla i druge eksploracione uslove, vrlo uspešno se primenjuje direktno prebacivanje jalovine i verovatno će i u buduće biti primjivano zbog vrlo povoljnih ekonomskih pokazatelja. Takvi su na primer površinski otkopi Banovići i Pljevlja.

Direktni transport otkrivke uz pomoć mosta je naročito razvijen u nemačkim rudnicima uglja i delom na površinskim otkopima Sovjetskog Saveza. Ova tehnika direktnog odlaganja jalovine u otkopani prostor može se primeniti samo u vrlo povoljnim eksploracionim uslovima koji karakterišu u prvom redu povoljan oblik eksploracionog polja, pravilno razvijen ugljeni sloj, mali nagib sloja, dobro odvodnjavanje krovinskih i podinskih naslaga, a naročito povoljne osobine jalovine u pogledu stabilnosti kosina i nosivosti tla.

Direktni transport otkrivke uz pomoć mosta primenjuje se od 1924. godine u Nemačkoj i otada pa do danas razvili su se mnogobrojni oblici kod kojih se jalovina, dobijena bagerom vedričarom ili ređe glodarom, transportnom trakom na mostu direktno odlaže u otkopani prostor.

Dužina do sada izvedenih transportnih mostova za jalovinu varira između 95 i 500 m, a maksimalna visina otkopavanja jalovine iznosi 45 m. U Istočnoj Nemačkoj se, radi kompenzacije povećanih troškova otkrivke koji bi nastali zbog sve nepovoljnijeg odnosa prema jalovini, sada radi na razvoju mosta za jalovinu za visinu otkopavanja jalovine do 60 m.

Zbog nepovoljnih ležišnih prilika na našim površinskim otkopima, koji se očituju prvenstveno u slaboj nosivosti tla odlagališta, zatim neravnomernosti ugljenog sloja i nepovoljnih oblika površinskih otkopa, direktni transport otkrivke uz pomoć mosta ne bi mogao biti primjenjen u SFRJ.



Sl. 1 — Pregled proizvodnje lignita u SFRJ od 1954. do 1965. godine

1 — učešće proizvodnje lignita u ukupnoj proizvodnji uglja %; 2 — učešće proizvodnje lignita površinskim načinom u ukupnoj proizvodnji lignita %; 3 — proizvodnja lignita u SFRJ; 4 — proizvodnja lignita površinskim načinom u SFRJ.

Fig. 1 — Lignite production in SFRJ from 1954 to 1965  
1 — Percentage of lignite production in total coal production;  
2 — Percentage of lignite production from open pit mines in total lignite production;  
3 — Lignite production in SFRJ;  
4 — Lignite production from open mines.

Direktno odlaganje jalovine pomoću kombinovanih mašina bager-odlagač razvio se kao rešenje za direktni transport jalovine kod onih ležišnih uslova, gde se most ne može primeniti. Iako se ovom tehnikom, kao ni ma kojom drugom, ne može postići takva ekonomičnost kao kod mostova, ipak su kombinovane mašine u svojoj primeni pokazale niz prednosti u odnosu na mostove. Ove prednosti su: u prvom redu, mogućnost upotrebe kombinovanih mašina i u toku otvaranja površinskog otkopa, prilagođavanje promenljivim ležišnim uslovima, veća stabilnost mašine i izbegavanje opasnosti od klizanja.

Ova tehnika direktnog odlaganja posebno zasluguje pažnju zbog mogućnosti primene i u našim eksploracionim uslovima, gde drugi načini direktnog odlaganja radi slabe nosivosti tla odlagališta (Kolubara) i čestih raseda (Kosovo) ne dolaze u obzir.

Kod direktnog odlaganja jalovine pomoću kombinovanih mašina razlikujemo dve varijante.

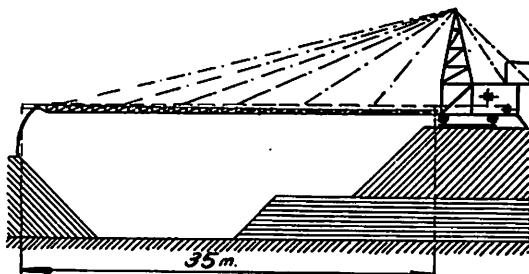
Kod prve varijante mašina za dobijanje (najčešće bager glodar), kao i odlagač, su posebne jedinice i međusobno su povezane u kombinovanu mašinu za direktno odlaganje jalovine. U drugoj varijanti mašina za dobijanje i odlagač smešteni su na istom postolju, pa kombinovana mašina, u stvari, predstavlja bager sa dugačkom konzolom za odlaganje.

### Razvoj uređaja za direktno odlaganje jalovine

1883. godine Clark je patentirao primenu gumene transportne trake za transport jalovine, a već 1894. godine firma LMG je izradila prvi most za transport jalovine na površinskom otkopu Brühl, koristeći ideju direktnog odlaganja jalovine transportnom trakom. Samo tri godine kasnije ista firma konstruisala je prvi kombinovani uređaj za direktno odlaganje, koji se sastojao iz bagera vedričara i tzv. »konzolastog transporter-a«. Konzolasti transporter bio je, u stvari, odlagač (sl. 2) postavljen neposredno pored bagera vedričara.

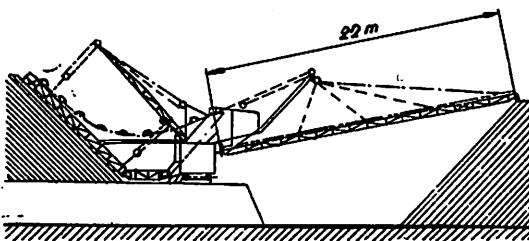
Ista firma razvila je 1905. godine i prvi kombinovani uređaj za direktno odlaganje jalovine, gde su bager i odlagač smešteni na zajedničko postolje. Ovaj prvi kombinovani

uređaj koji je radio na površinskom otkopu uglja sastojao se od bagera vedričara sa konzolom za odlaganje dužine 22 m (sl. 3). Stagnacija u započetom razvoju kombinovanih uređaja za direktno odlaganje jalovine nastala je zbog prvog svetskog rata i ponovni intenzivniji razvoj počinje izgradnjom



Sl. 2 — Prvi kombinovani uređaj za direktno odlaganje jalovine na površinskom otkopu gline kod Rheinpfalz-a (1897).

Fig. 2 — The first combines equipment for direct storage of the spoil at clay open pit mine near Rheinpfalz (1897).



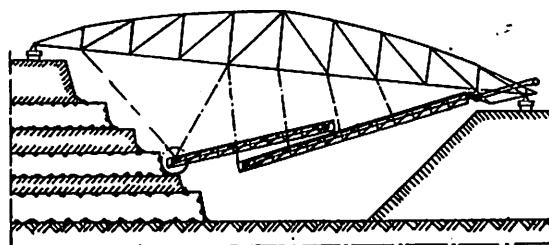
Sl. 3 — Bager vedričar za direktno odlaganje jalovine (1905).

Fig. 3 — Continuous Bucket Excavator for direct storage of the spoil (1905).

mosta za jalovinu 1924. godine na površinskom otkopu »Agnes« kod Plessa. Odmah po puštanju u pogon prvog mosta za direktno odlaganje jalovine pokazali su se tehničko-ekonomski efekti i narednih godina počinje intenzivni razvoj tehnike direktnog odlaganja u Nemačkoj. Za nekoliko godina kapacitet mostova za odlaganje povećao se sa početnih  $400 \text{ m}^3/\text{h}$  na preko  $4500 \text{ m}^3/\text{h}$ , razon mostova sa 125 m na preko 200 m, a dužina konzole sa 25 m na 140 m.

Na ove uređaje za direktno odlaganje, koji su se sastojali od transportnog mosta sa konzolom za odlaganje, bili su vezani bageri vedričari kao mašine za dobijanje jalovine, a primenjivale su se za otkrivanje u dubinskom i visinskom radu. U izuzetnim

slučajevima su se tada bageri vedričari upotrebjavali i za selektivno otkopavanje. Kod takvog selektivnog rada bager vedričar je bio predviđen za dobijanje uglja, te zbog toga nije bio vezan na transportni most, već je međuslojnu jalovinu uz pomoć transportne trake direktno odlagao u otkopani prostor. Takav bager vedričar sa konzolom od 26 m bio je primenjen 1929. godine na površinskom otkopu Roddergrube kod Brühl-a.



Sl. 4 — Kombinovani uređaj sa bagerom glodarom i mostom za odlaganje jalovine po Abels-u i Voss-u.

Fig. 4 — Combined equipment — bucket wheel excavator with bridge by Abels and Voss.

Prvi veći kombinovani uređaj bager-odlagač, koji nije bio vezan za transportni most, je kombinovani uređaj sa bagerom vedričarom, koji je izведен 1935. godine na površinskom otkopu »Beutersatz«. Ovaj uređaj sastoji se od bagera vedričara kapaciteta  $840 \text{ m}^3/\text{h}$  sa konzolom za direktno odlaganje jalovine dužine 100 m.

Dalji razvoj kombinovanih mašina sa bagerom vedričarom kao osnovnom mašinom ne zasljužuje posebnu pažnju, jer su se razvili jedino uz most za direktno odlaganje jalovine. Naime, mostovi u kombinaciji sa bagerom vedričarom predodređeni su za rad u frontu i pokazali su se vrlo efikasni kod pogona sa mostovima, koji je u osnovi vezan za šinski transport. Nasuprot tome, bageri glodari vezani za mostove nisu se afirmisali, jer su predodređeni za rad u bloku i na gusenicama. Zbog toga se ova tehnika direktnog odlaganja jalovine sa mostovima zadržala još jedino u DR Nemačkoj i Sovjetskom Savezu, gde to fizičko-mehaničke karakteristike tla dozvoljavaju i gde se u želji da se već postojeći bageri vedričari koriste, prelazi sa adhezione vuče na direktni transport jalovine mostom. Tako se, na primer, predviđa da učešće mostova u ukup-

nom transportu jalovine u DR Nemačkoj 1980. godine iznosi 46% umesto sadašnjih 36%, odnosno da se ovom tehnikom u 1980. godini prebaci oko 850 miliona  $\text{m}^3$  jalovine.

Nasuprot kombinovanim uređajima sa bagerom vedričarom, razvoj kombinovanih uređaja sa bagerima glodarima je sve intenzivniji u svim zemljama i usavršio se načito posle drugog svetskog rata.

Dok su kombinovani uređaji sa bagerom vedričarom skoro isključivo vezani za transportni most, kombinovani uređaji sa bagerom glodarom razvili su se u kombinaciji sa mostom samo pre drugog svetskog rata, dok su se za vreme rata i posle razvili isključivo kao kombinovane mašine bager-odlagač.

Početak razvoja kombinovanih uređaja sa bagerom glodarom datira od patentiranja tehnike direktnog odlaganja jalovine mostom uz pomoć bagera glodara; patent su prijavili Abels i Voss 1923. godine odnosno godinu dana pre pomenute izgradnje prvog mosta za jalovinu uopšte. Pored direktnog odlaganja jalovine, prvi kombinovani uređaj sa bagerom glodarom bio je predviđen i za selektivno otkopavanje (sl. 4).

Međutim, do realizacije ovog kombinovanih uređaja sa bagerom glodarom prema ovom patentu došlo je tek 1932. godine izgradnjom mosta na površinskom otkopu Hostens (sl. 5).

Ovaj prvi kombinovani uređaj sa bagerom glodarom bio je vezan za most koji se oslanja neposredno na teren na bagerskoj strani, a na odlagalištu se oslonac nalazi na pretkipi. Konzola sa tačkom za kopanje nalazila se pokretljivo učvršćena u mostu, tako da se ovim kombinovanim uređajem vršilo kopanje otkrivke i uglja, kao i direktno odlaganje jalovine u otkopani prostor.

Zbog oslanjanja ovakvog kombinovanog uređaja, na pretkipi se isti mogao primeniti jedino u uslovima dobre nosivosti i pri stabilnosti kosina odlagališta tj. u površinskim otkopima, gde je otkrivka bila, uglavnom, od peskovitih slojeva.

Radi primene takvog kombinovanog uređaja sa bagerom glodarom u nepovoljnim uslovima tla, odnosno slojevima gline, bilo je nužno da se oba oslonca uređaja smeste na krovinu ugljenog slojeva.

Uslovi eksploatacije površinskog otkopa Neurostolln zahtevali su takvo rešenje i 1941.

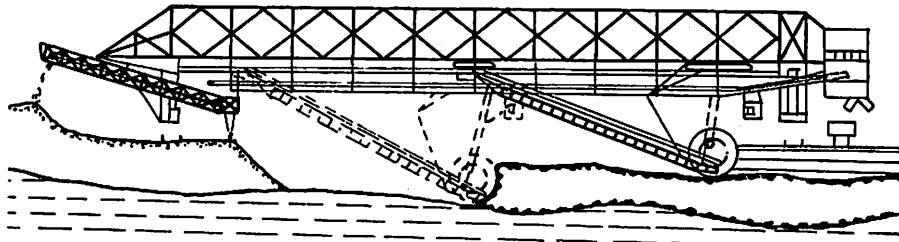
godine pušten je u pogon kombinovani uređaj koji je prikazan na sl. 6.

Ovaj kombinovani uređaj sa bagerom glodarom omogućio je selektivno otkopavanje i direktno odlaganje jalovine jednom istom mašinom. Kombinovani uređaj kretao se na dva para koloseka sa razmakom od 45 m, a omogućavalo je otkopavanje do 60 m visine i formiranje odlagališta visine 72 m uz pomoć konzole za odlaganje od 170 m dužine. Kapacitet kombinovane maština bio je  $3500 \text{ m}^3/\text{h}$ , a sopstvena težina iznosila je 7200 t.

svetskog rata kretao se u pravcu, da se kombinovane maštine sa bagerom glodarom što više prilagode eksploracionim uslovima ležišta i zbog toga se prešlo sa pogona na šinama na gusenice.

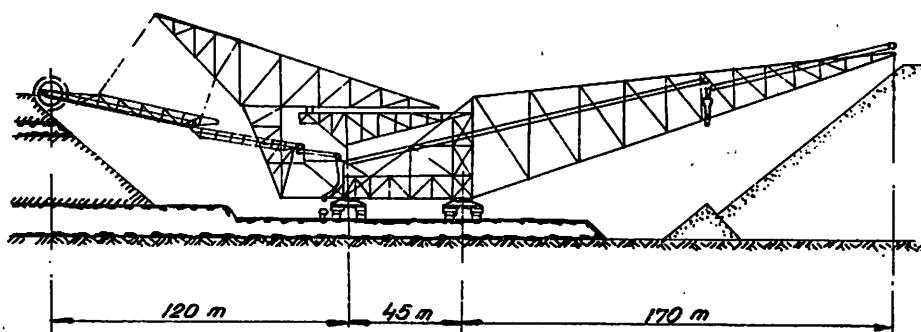
Svi uređaji, koji su u to vreme pušteni u pogon, bili su prilagođeni konkretnim uslovima ležišta, predstavljali su specijalne konstrukcije, a ne sistematsku primenu tehnologije direktnog odlaganja jalovine sa kombinovanim uređajem.

Tek posle drugog svetskog rata, odnosno u toku zadnjih 20 godina, razvile su se kom-



Sl. 5 — Šema transportnog mosta sa bagerom glodarom na površinskom otkopu Hostens (1932).

Fig. 5 — Overburden bridge with bucket wheel excavator at Hostens open pit mine (1932).



Sl. 6 — Šema kombinovanog uređaja za direktno odlaganje jalovine na površinskom otkopu Meurestolln (1941).

Fig. 6 — Combined equipment for direct storage of the spoil at Meurestolln open pit mine (1941).

Uređaj je sve do 1946. godine radio u Meurostolln-u i ostvario godišnji teoretski kapacitet od 10,2 do 10,7 miliona  $\text{m}^3$  čvrste mase, posle toga je demontiran, a 1954. godine pušten u pogon na površinskom otkopu Jurkovsk (SSSR), gde zbog nepovoljnih klimatskih prilika postiže od 7,3 do 8,3 miliona  $\text{m}^3$  čvrste mase.

Dalji razvoj kombinovanog uređaja za direktno odlaganje jalovine do kraja drugog

binovane maštine sa bagerom glodarom na gusenicama, čemu je najviše doprineo nagli razvoj konstrukcije dugačkih konzola za odlaganje. Prema eksploracionim uslovima, a u zavisnosti od moćnosti i osobina otkrievke, potrebne rezerve otkrivenog uglja i sl. konstruisani su razni tipovi kombinovanih maština za direktno odlaganje od kojih prikazujemo važnije.

## Izvedene konstrukcije kombinovanih uređaja sa bagerom glodarom

## Površinski otkop Arjuzanx (Francuska)

Godine 1959. u površinskom otkopu uglja Arjuzanx pušten je u rad kombinovani uredaj sastavljen od bagera glodara i odlagača (sl. 7). Bager glodar tipa SRs 1000 konstruisan je za visinu kopanja od 31 m i ima teoretski kapacitet od 2160 odnosno 3600 m<sup>3</sup>/h. Odlagač sa konzolom za direktno odlaganje od 113 m vezan je sa bagerom glodarom teleskopskim mostom dužine  $46 \pm 7$  m. Ovakav način povezivanja bagera i odlagača pri datim dimenzijama uredaja omogućava maksimalan razmak između osovine mašina od 90 m.

Bager glodar radi u bloku širine 15 m, jalovina se preko mosta predaje odlagaču i direktno odbacuje u otkopani prostor takođe u širini od 15 m.

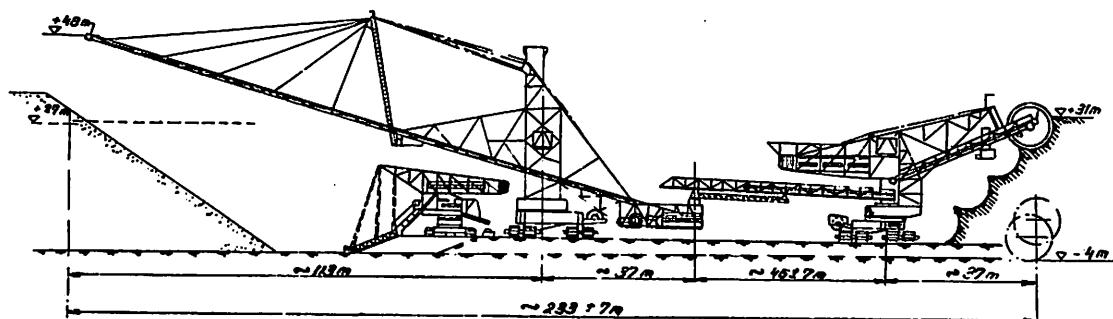
Obe mašine su na gusenicama i mogu raditi na različitim nivoima do  $\pm 5$  m, a konzola za odlaganje omogućava dizanje materijala u rasponu od + 27 do + 48 m iznad radnog planuma.

čvrste mase. U kasnjem radu pokazalo se da se zbog vrlo nepovoljnih osobina radne sredine ovaj kapacitet ne može ostvariti.

Pri projektovanju, naime, bilo je predviđeno da se kosine odlagališta stabilno drže pod uglom od  $30^\circ$  kod peska i  $38^\circ$  kod gline, a u radu se pokazalo da kosine odloženog materijala zauzimaju znatno blaži ugao.

Naknadnim geomehaničkim ispitivanjima otkrivke, koja se uglavnom sastojala od glinovitog peska, gline i peskovite gline, dokazano je da se direktno odlaganje jalovine može vršiti samo pod uslovom ako se odlagalište pri širini bloka od 15 m formira u etažama od po 6 m, da se maksimalna visina od 36 m može postići sastavljanjem određenih etažnih ravni (bermi) i ako je podloga odlagališta dobro odvodnjena.

Ovi uslovi u površinskom otkopu Arjuzanx mogli su se postići zahvaljujući tome, što je konzola odlagalača omogućila formiranje odlagališta u slojevima zaokretanjem same konzole sa trakom za odlaganje. No i pored toga 1964. godine ova kombinovana mašina stavljena je van pogona i rekonstruisana za rad pomoću transportnih traka.



Sl. 7 — Sema kombinovane mašine za direktno odlaganje jalovine na površinskom otkopu. Ariuzanx (1959).

**Fig. 7** — Combined equipment for direct storage of the spoil at Arizuanx open pit mine (1959).

Radna težina kombinovane maštine iznosi oko 3260 t. Instalisana snaga je 2940 kW, a specifični utrošak električne energije u zavisnosti od osobine radne sredine iznosi 0,85 do 0,90 kWh/m<sup>3</sup> čvrste mase. Specifični pritisak na tlo kod obe maštine iznosi 1,0 kp/cm<sup>2</sup>.

Površinski otkop Arjuzanx otvoren je pomenuom kombinovanom mašinom bez druge pomoćne mehanizacije, a planirani godišnji kapacitet otkrivke bio je  $7,2 \text{ miliona m}^3$

## Površinski otkop Pietrafitta (Italija)

Povoljni eksplotacioni uslovi omogućili su primenu kombinovane mašine i kod površinskog otkopa lignita Pietrafitta, mada su osobine otkrivke zbog velikog sadržaja gline zahtevale vrlo blage kosine odlagališta. Prema iskustvu u starom površinskom otkopu kosine odlagališta pri visini od 9 m kretale su se između 40 i  $48^{\circ}$  pod uslovima da se odlaganje vrši samo u letnjim mesecima.

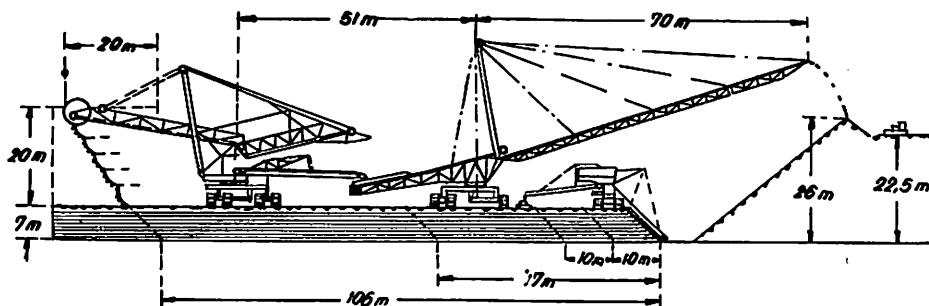
Kod primene kombinovane mašine trebalo je zadovoljiti dva uslova i to: zbog neposredne veze između napredovanja fronta otkopavanja uglja i odlagališta bilo je potrebno rad predvideti kroz celu godinu, a zbog direktnog odlaganja u jednoj jedinoj etaži trebalo je povećati visinu odlaganja. Da bi se zadovoljili svi uslovi moralo se računati sa mnogo blažim kosinama odlagališta, koje se stvaraju u kišnom periodu i iznose svega 20 do 25° pri visini od 14,1 m u proseku.

Radi svake sigurnosti, a da bi se obezbeđilo normalno odvijanje tehnološkog procesa kombinovana mašina konstruisana je tako, da se kod veće visine etaže odlagač kreće sasvim uz kosinu ugljene etaže kako je to prikazano na sl. 8.

odložene mase, koja je sve dok se tehnika formiranja odlagališta nije savladala predstavljal određen problem.

#### Površinski otkop Neyveli (Indija)

L. Rasper opisuje u časopisu »Braunkohle« br. 10/1961, a Brealy S. C. u »The Mining Electrical Engineer« br. 515/1963. otvaranje površinskog otkopa lignita u Neyveli-u (Indija) i iskustva sa bagerima glodarima u tvrdoj otkrivci. Prema tim opisima debljina ugljenog sloja iznosi oko 13 metara, iznad kojeg se nalazi jalovi pokrivač sastavljen od naizmeničnih naslaga gline i peska, koji su mestimično vrlo tvrdi i predstavljaju čak peščare. Otkrivka se skida u



Sl. 8 — Direktno odlaganje jalovine kombinovanom mašinom na površinskom otkopu lignita kod Pietrafitta (1959).

Fig. 8 — Direct storage of the spoil with combined machine at lignite open pit mine near Pietrafitta (1959).

Kombinovana mašina sastoji se iz bagera glodara SRs  $\frac{300}{3,8}$  21,6, sa teleskopskom konzolom i visinom kopanja od 21 m, kao i od odlagača sa konzolom za odlaganje dužine 70 m. Obe mašine se kreću na gusenicama i mogu se okretati za 360° oko svoje vertikalne osovine.

Theoretski kapacitet kombinovane mašine iznosi 680/880/1080 m<sup>3</sup>/h, a praktično je postignut kapacitet od 1200 m<sup>3</sup>/h čvrste mase.

Ovaj kombinovani uređaj za direktno odlaganje radi od 1959. godine vrlo dobro, a neuđenačenost visine otkrivke ne predstavlja problem, jer konstrukcija obrtne konzole odlagača omogućuje izravnjanje visine odlagališta. Pored toga selektivan rad glodara omogućuje da se pesak odlaže u pretkipu i time znatno povećava stabilnost

tri reza. Prva dva reza dobijaju se bagerima glodarima SRs-700 sa otkopnom visinom od po 21 m. Kapacitet ovih mašina kreće se između 2480 i 3560 m<sup>3</sup>/h, a postignut je efektivni kapacitet od 2050 m<sup>3</sup>/h u proseku.

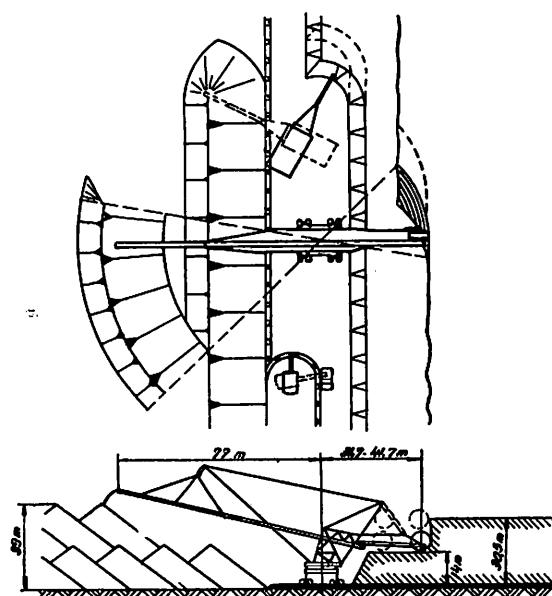
Treći rez otkopava se bagerom glodarom SRs 350 sa visinom kopanja od 12 m i uz efektivni kapacitet od 550 do 600 m<sup>3</sup>/h. Glodar se kreće po krovini ugljenog sloja i predaje jalovinu posredstvom veznog mosta odlagaču tipa ARs 0/35.15, koji se kreće na etaži uglja 5 m iznad podine. Jalovina se ovim odlagačem direktno odlaže na podinu odnosno unutrašnje odlagalište. Za vreme »monsuna« pojavljuju se poteškoće zbog vrlo blagih (raskvašenih) kosina odlagališta usled vodom zasićene gline.

### Površinski otkop Bénin (Togo)

L. Rasper i H. Rittner u časopisu »Braunkohle« br. 10/1961 opisuju mašinu za direktno odlaganje firme OK i LMG, koja je 1961. godine puštena u pogon u površinskom otkopu fosfata Bénin (Togo). Bager glodar SRs 350 otkopava celokupnu otkrivku moćnosti 13 m, koja se sastoji pretežno od peskovitog materijala, te je preko dvostrukne samohodne trake predaje odlagaču sa konzolom dužine 80 m.

### Površinski otkop River King (USA)

U Americi je na površinskim otkopima od 1957. godine primenjena tehnika direktnog prebacivanja tzv. strip-mining sa velikim bagerima kašikarima i dreglajnima. U površinskom otkopu River King postavljen je tako najveći bager kašikar firme Marion sa zapreminom kašike od  $54 \text{ m}^3$ . Ovaj bager sa svojom sopstvenom težinom od 2600 tona imao je maksimalnu visinu kopanja od 24 m, što nije bilo dovoljno, jer je visina otkrivke prelazila i 30 m. Pored toga fizičko-mehaničke karakteristike otkrivke nisu omogućile držanje stabilnih kosina sa bagerom kašikarom kod te visine.



Sl. 9 — Direktno odlaganje jalovine kombinovanom mašinom na površinskom otkopu River King (1959).

Fig. 9 — Direct storage of the spoil with combines machine at River King open pit mine (1957).

Iako je prvi bager glodar u Americi konstruisan 1944. godine, tek 1957. godine pušten je u pogon bager glodar kao mašina za direktno odlaganje jalovine u gore ponutom površinskom otkopu a radi rešenja problema stabilnosti kosina i visokih etaže.

Na sl. 9. prikazana je tehnika direktnog odlaganja jalovine sa bagerima kašikarom i glodarom, pri čemu bager kašikar otkopava i prebacuje donji rez odnosno visinu etaže do 14 m, a otkrivku iznad te visine skida i prebacuje bager glodar koji na taj način stvara i sigurnu kosinu.

Bager glodar konstruisan je tako da se gornji deo, koji je sastavljen od konzole sa točkom i konzole za odlaganje, pri kopanju pomera u pravcu kopanja i na taj način vrši odlaganje po luku, kako je to prikazano na sl. 9. Ovakvo kruto povezivanje konzole za kopanje i konzole za odlaganje, i pored toga što se konzola točka poduzno može pomeriti za 6 m, omogućava samo ograničen rad u frontalnom bloku širine od najviše 15 m.

Konstrukcija ove kombinovane mašine omogućila je postizanje efektivnog kapaciteta od  $1260 \text{ m}^3/\text{h}$ , pri visini kopanja od oko 30 m. Dužina konzole za odlaganje iznosi 77 m, a domet kopanja iznosi 31,7 do 41,7 m. Praktična iskustva pri radu sa ovim bagerom glodarom, koji je skidao gornji glinoviti deo sloja, pokazali su neophodnost nezavisnog kretanja konzole točka i trake za odlaganje, da bi se postigla elastičnost u radu, omogućila izrada bermi, te selektivno odvojio pri kopanju gornji glinasti materijal od donjeg laporovitog krečnjaka.

### Površinski otkop Northern Illinois (USA)

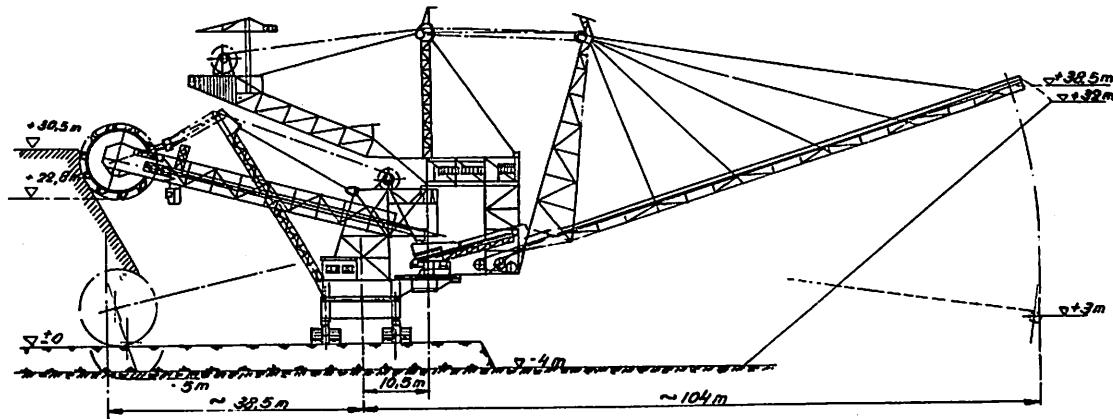
Kao i u površinskom otkopu River King kod direktnog prebacivanja jalovine u površinskom otkopu Northern Illinois primenjena je kombinovana mašina glodar-odlačač smeštena na zajedničkom postolju i zajedničkim gusenicama.

Otkrivka u površinskom otkopu uglja Northern Illinois sastoji se od vezanih peskova, laporovite gline i čvrstog peščara. Radi velike čvrstoće otkrivke i uloženih samac, koji dostižu veličinu i do  $1 \text{ m}^3$ , snabdeven je točak bagera glodara sa 10 lopata zapremine  $1,5 \text{ m}^3$  i 10 dodatnih noževa među lopatama.

Konstrukcija kombinovane mašine (sl. 10) omogućava nezavisno okretanje konzole sa točkom i konzole za odlaganje, što daje veliki elasticitet pri radu i omogućava rad u bloku širine 35 m. S obzirom da su ok-

#### Površinski otkop Časov-Jarsk (SSSR)

Prva primena tehnike direktnog odlaganja jalovine sa kombinovanim mašinama u SSSR-u datira iz 1955. godine. Tada je prvi



Sl. 10 — Kombinovana mašina za direktno odlaganje jalovine na površinskom otkopu Northern Illinois (1963).

Fig. 10 — Combined equipment for direct storage of the spoil at Northern Illinois open pit mine (1963).

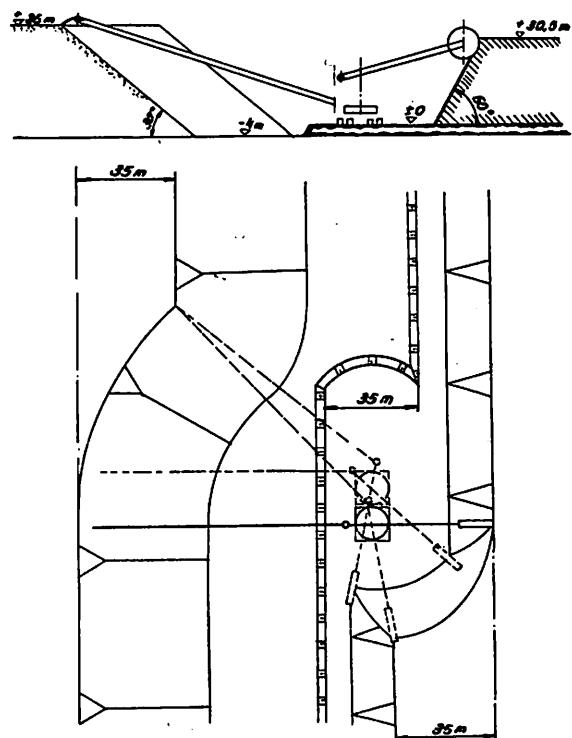
retne tačke jedne i druge konzole međusobno ekscentrično smeštene postiže se različiti luk krajnjih tačaka konzole što omogućava direktno odlaganje jalovine prema šemi, koja je prikazana na sl. 11.

Kombinovana mašina puštena je u pogon 1963. godine kod visine otkrivke od najviše 30,5 m i sa radom u bloku širine 35 m. Kod nižih etaža odnosno otkopane visine od oko 20 m ona radi sa maksimalnom širinom bloka od 50 m. Pri direktnom odlaganju jalovine računa se sa nagibom kosine odlagališta od  $38^\circ$ .

Radna težina kombinovane mašine iznosi oko 3400 tona, specifični pritisak na tlo  $4 \text{ kg/cm}^2$ , instalisana snaga iznosi 5080 kW, a efektivni kapacitet  $3200 \text{ m}^3/\text{h}$  čvrste mase.

Ovaj uređaj za direktno odlaganje jalovine pokazao je u dosadašnjem radu vrlo dobre rezultate i omogućio primenu i kod otvaranja, što nije bio slučaj kod prethodnih kombinovanih mašina.

Ovakva kombinovana mašina primenjena je i u površinskom otkopu Braidwood (SAD) sa istom dužinom konzole za odlaganje od 104 m i teoretskim kapacitetom između 3600 i  $5800 \text{ m}^3/\text{h}$ .



Sl. 11 — Šema direktnog odlaganja jalovine na površinskom otkopu Northern Illinois.

Fig. 11 — Layout of direct storage of the spoil at Northern Illinois open pit mine.

put praktično primjenjen bager glodar vezan sa odlagačem u površinskom otkopu Časov-Jarsk.

Sl. 12 prikazuje tehnološku šemu rada bagera glodara tipa RV-1 i odlagača tipa OŠ-1 kao kombinovane mašine. Otkopna visina bagera glodara je 13 m, efektivni kapacitet između 500 i 600 m<sup>3</sup>/h, a specifični pritisak gusenica na tlo iznosi 0,7 do 0,8 kp/cm<sup>2</sup>. Odlagač sa konzolom za odlaganje dužine 75 m kreće se pomoću koračajućeg uređaja i ima specifični pritisak na tlo od 0,45 do 0,46 kp/cm<sup>2</sup>.

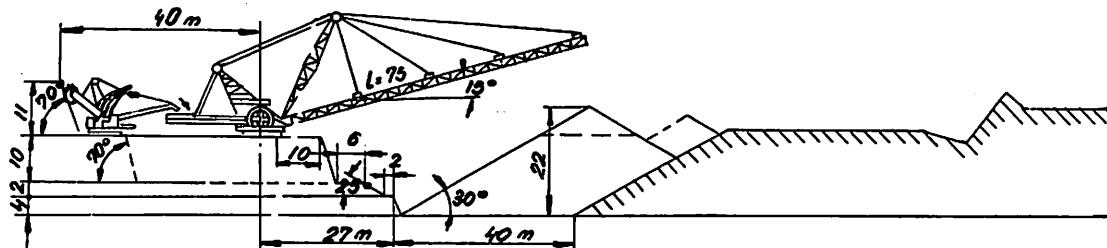
Ova kombinovana mašina primjenjuje se u površinskom otkopu vatrostalne gline Časov-Jarsk za direktno odlaganje jalovine po dатој šеми (sl. 12).

novi kombinovani mašina za otkopnu visinu od 20 m sa kapacitetom od 1000 m<sup>3</sup>/h i dužinom konzole za odlaganje od 125 m.

Vrlo povoljni rezultati rada koji se očituju u maloj specifičnoj potrošnji energije i maziva, zatim mala težina bagera i odlagača, kao i pokretljivost kombinovane mašine brzo su doveli do daljeg razvoja ove kombinacije mašina.

Već 1959. godine projektovana je kombinovana mašina koja je prikazana na sl. 13. Kod ove kombinovane mašine bager glodar ima kapacitet od 3000 m<sup>3</sup>/h čvrste mase i dohvatu visinu od 40 m, a odlagač je sa konzolom za odlaganje dužine 150 m.

Od 1964. godine, zahvaljujući povoljnim eksplotacionim pokazateljima, puštena je



Sl. 12 — Šema direktnog odlaganja jalovine na površinskom otkopu vatrostalne gline Časov—Jarsk (1955).

Fig. 12 — Layout of direct storage of the spoil at Časov—Jarsk fireclay open pit mine (1955).

Otkrivka se otkopava u tri reza. Prva dva reza su visine 10 do 11 m, a treći rez iznosi do 2 m.

Kombinovana mašina prvo prebacuje jalovinu iz prvog reza u otkopani prostor, zatim se kombinovana mašina premešta na odlagalište i ponovno prebacuje 40 do 50% već odložene mase iz prvog reza. Na taj način oslobađa se prostor za direktno odlaganje jalovine iz drugog reza, koja se odlaže istom kombinovanom mašinom po povratku sa odlagališta.

Treći rez prebacuje se direktno bagerom dreglajnom tipa EŠ-4/40.

#### Površinski otkop Nikopol (SSSR)

U površinskom otkopu manganove rude kod Nikopola se od 1956. godine sa uspehom primjenjuje tehnika direktnog odlaganja jalovine primenom kombinovane mašine bager glodar RV-1 i odlagač OŠ-1. Već nakon trogodišnjeg iskustva razvijena je

u rad kombinovana mašina u površinskom otkopu manganove rude Nikopol, koja je sastavljena od bagera glodara kapaciteta 3000 m<sup>3</sup>/h čvrste mase i odlagača sa konzolom od 180 m. Laka konstrukcija odlagača, izrađena pretežno od cevi, omogućava postizavanje vrlo malog specifičnog pritiska na tlo, koji pri radu iznosi 0,7 kp/cm<sup>2</sup>, a pri koračanju 1,0 kp/cm<sup>2</sup>.

Ova konstrukcija kombinovane mašine primjenjuje se sa uspehom kako u površinskim otkopima metala, tako i u površinskim otkopima uglja za direktno odlaganje jalovine.

#### Projektovane kombinovane mašine za direktno odlaganje jalovine

##### Površinski otkop Wallendorf (DDR — 1968)

Dok je razvoj mostova za transport jalovine u DR Nemačkoj bio najintenzivniji, kombinovane mašine za direktno odlaganje jalovine u otkopani prostor do sada nisu

primenjivane u površinskim otkopima DR Nemačke. Dobri rezultati rada sa kombinovanim mašinama u inostranstvu bili su povod da se tehnika direktnog odlaganja jalovine pomoću kombinovane mašine bager glodar-odlagač prouči i u uslovima DR Nemačke. Rezultati studije ukazali su da se ovom tehnikom, zbog njene visoke produktivnosti rada i malih troškova otkrivke, mogu očekivati isto tako dobri rezultati u ekonomskom pogledu kao i kod tehnike direktnog transporta jalovine mostovima.

Na osnovu rezultata studije, između mnogobrojnih varijanti, izabrane su dve kombinovane mašine koje će se razvijati.

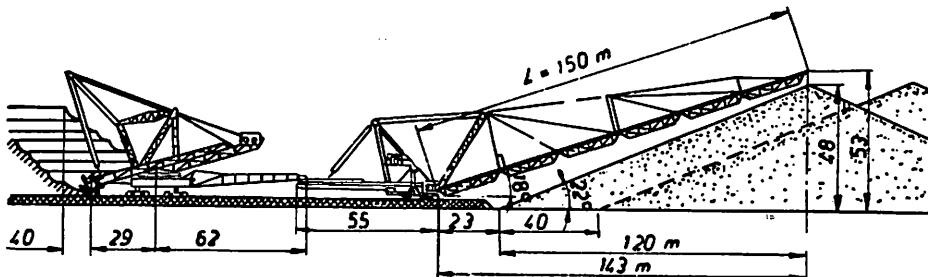
Prva kombinovana mašina primeniće se u 1968. godini u površinskom otkopu Wallendorf. Predviđena kombinovana mašina sastoji se iz bagera glodara SRs 2400 i odla-

pored transsibirske železničke magistrale, imaju vrlo povoljne rudarsko-geološke uslove i omogućuju eksplotaciju više od 100 milijardi tona površinskim načinom.

Odnosi otkrivke prema uglju naročito su povoljni u revirima Itat, Beretovka, Nazarovo i Irša Borodino. U ovom poslednjem postoji svi uslovi za primenu kombinovanih mašina za direktno odlaganje jalovine.

Na sl. 14 prikazan je projektovani sistem otkrivanja površinskog otkopa Irša-Borodino primenom kombinovane mašine za glavnu otkrivku u visini od 50 m. Ostali deo prethodne otkrivke dobija se bagerima glodarima ili kašikarima, a transport se vrši adhezionom vučom.

Glavna otkrivka odlaže se direktno u otkopani prostor pomoću kombinovane mašine koja se sastoji od bagera glodara



Sl. 13 — Kombinovana mašina za direktno odlaganje jalovine na površinskom otkopu manganove rude kod Nikopola (1959).

Fig. 13 — Combined equipment for direct storage of the spoil at manganese open pit mine near Nikopol (1959).

gača ARs/B/8800.150. Bager glodar ima kapacitet od  $6600 \text{ m}^3/\text{h}$  čvrste mase i konstruisan je za visinu kopanja do 35 m. Odlagač ima kapacitet od  $8800 \text{ m}^3/\text{h}$  rastresite mase i konzolu za odlaganje dužine 150 m.

Tehnološkim procesom površinskog otkopa predviđa se dvokrilni rad sa lepezastim napredovanjem fronta i naizmeničnim radom otkrivanja i otkopavanja uglja u svakom krilu, tako da se međusobno ne ometa rad mašina. Povoljni uslovi u predelu otvaranja površinskog otkopa omogućuju direktno otvaranje kombinovanom mašinom, bez primene druge pomoćne mehanizacije.

#### Površinski otkop Irša-Borodino (SSSR)

Delovi ogromnog Kansko-Ačinskog ležišta uglja, koje se proteže u dužini od 700 km

ERŠR-2600.50/5 i odlagača OŠR-11000.250. Kapacitet kombinovane mašine iznosi  $8.000 \text{ m}^3/\text{h}$  čvrste mase a dužina konzole za odlaganje iznosi 225 m.

Dve ovakve kombinovane mašine primeniće se na dužini fronta od 6,5 km, koja je diktirana prirodnim uslovima, a očekuje se da će se svakom kombinovanom mašinom obezbediti između 21 i 25 miliona tona godišnje uglja ili ukupno oko 50 miliona tona uglja godišnje. Predviđeno napredovanje fronta iznosi 170 do 200 m u godini.

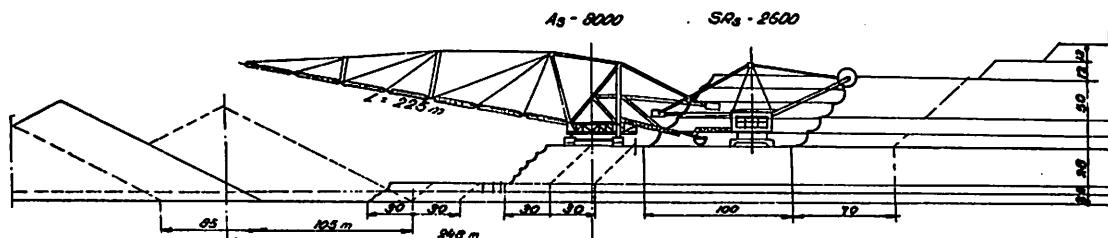
Prema projektu, kosine odlagališta biće stabilne kod ugla od  $27^\circ$  pri visini odlagališta od 78 m.

Pored ovih kombinovanih uređaja u SSSR-u nalazi se u pogonu i izgradnji niz kombinovanih mašina. Osim mašina koje se primenjuju u Časov-Jarsku i Nikopolu, u

pogonu se nalaze kombinovane mašine istih tipova u površinskim otkopima uglja Rajčinski, rudnicima fosforita Lopatinski i Jegorevski, površinskom otkopu gvozdene rude Aleksandrov i drugim. Kombinovane mašine tipa glodar-odlagač projektovane su i za ukrajinske površinske otkope Dnjeprov-

— put za transport jalovine do odlagališta je kratak i s tim u vezi utrošak električne energije mali.

Nedostaci koji se javljaju u vezi primene kombinovanih mašina za direktno odlaganje su:



Sl. 14 — Projektovana tehnika direktnog odlaganja jalovine na površinskom otkopu Irša-Borodino (SSSR).

Fig. 14 — Layout of projecting equipments for direct storage of the spoil at Irša-Borodino (SSSR) open pit mine.

skog basena, za površinske otkope manganeve rude kod Nikopola, kao i za površinske otkope uglja Nazarov i druge.

#### Uporedni pregled pojedinih kombinovanih mašina za direktno odlaganje

Opisani uređaji pokazuju da se direktno prebacivanje jalovine kombinovanim mašinama tipa glodar-odlagač sve više primenjuje i da su otvoreni novi pravci razvoja ove tehnike rada u površinskim otkopima.

Izneti primeri takođe pokazuju da je izbor odgovarajuće kombinovane mašine i njena primena, s obzirom na specifičnost svakog površinskog otkopa, vrlo studiozan projektantski posao i da je pre konačne odluke o izboru kombinovane mašine neophodno sagledati sve nedostatke i prednosti predviđenog rešenja.

Na osnovu rezultata rada do sada primenjenih kombinovanih mašina može se reći da rad sa ovom tehnikom na površinskom otkopu pruža sledeće prednosti:

- investiciona ulaganja su niža
- broj osoblja (radnika) je manji
- zbog samo jedne kombinovane mašine sa malim brojem pogona mogućnost zastoja je minimalna
- koeficijent iskorišćenja radnog vremena je veoma povoljan

- kod velike moćnosti otkrivke mora se uključiti veći broj mašina
- ne mogu se primeniti kod nestabilnog tla
- teže se primenjuju kod površinskih otkopa sa vodonosnim naslagama
- rezerva otkrivenog uglja odnosno mineralne sirovine je relativno mala
- kod nepravilnih ležišnih prilika se teško primenjuju.

Da bismo pored ovih prednosti i nedostataka sagledali i parametre koji su bitni za primenu kombinovanih mašina u raznim eksploatacionim uslovima, izvršićemo upoređenje opisanih mašina za direktno odlaganje jalovine, koje su primenjene pri raznim ležišnim uslovima u povoljnim, pa i u manje povoljnim radnim sredinama.

U tablici 1 prikazane su tehničke i eksploatacione karakteristike za neke tipove kombinovanih mašina. Na osnovu već izloženog, podataka datih u tablici i iskustava stečenih na površinskim otkopima gde su ove mašine primenjene, mogu se izvući sledeći zaključci:

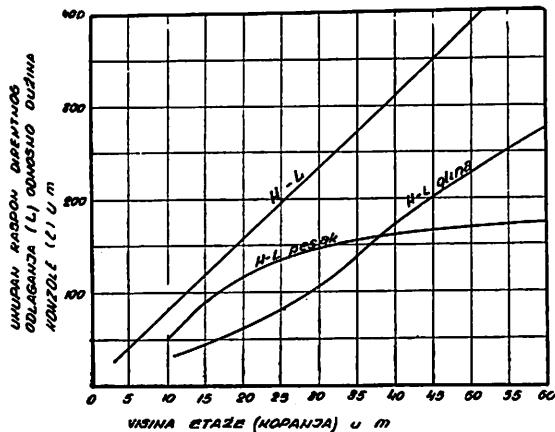
— Na raznim površinskim otkopima nalaze se u pogonu i sa uspehom rade kombinovane mašine sa efektivnim kapacitetom od 450 do 2500 m<sup>3</sup>/h čvrste mase, a projektovane su nove kombinovane mašine kapaciteta 5000 do 8000 m<sup>3</sup>/h.

Pregled kombinovanih mašina za direktno odlaganje jalovine

Tablica 1

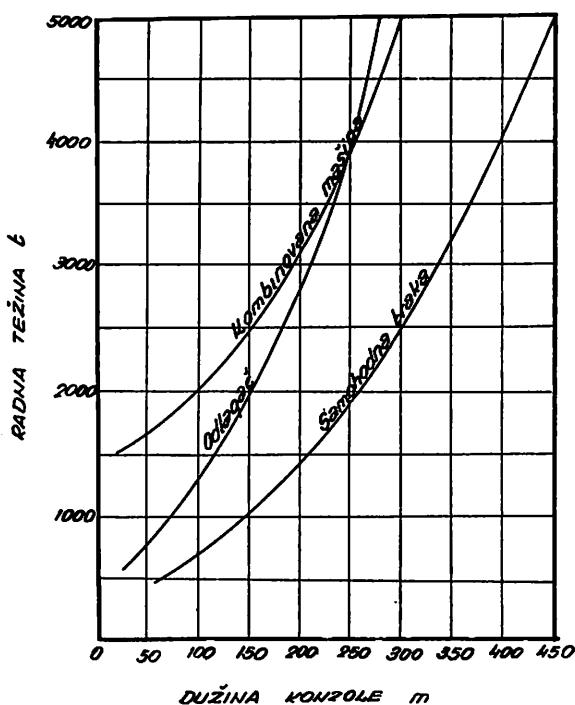
| Red. broj             | Površinski otkop | Godina puštanja u pogon |       | Vrsta tla u % |         | Efektivitet u m/s |           | Dimenzija u m   |                | Visina kopanja ukupna dulzina |         | Visina bacanja |                        | Razina teži na u t |                     | Spec. pritisk na sak na tlo |                              | Osvi. priti-sak u t |                     | Instalirana snaga u KW |                              | Spec. energetičke snage u KW |                     | Sek. nivo masne energije u KW/m³ |                              |   |
|-----------------------|------------------|-------------------------|-------|---------------|---------|-------------------|-----------|-----------------|----------------|-------------------------------|---------|----------------|------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------|---|
|                       |                  | Gejma                   | Gejma | Peskov.       | Glinoj. | Konzola           | odluge.   | raspon oslonaca | ukupna dulzina | visina bacanja                | basenja | teži na        | spec. pritisk u kp/cm² | osak u t           | Osvi. priti-sak u t | Instalirana snaga u KW      | Spec. energetičke snage u KW | osak u t            | Osvi. priti-sak u t | Instalirana snaga u KW | Spec. energetičke snage u KW | osak u t                     | Osvi. priti-sak u t | Instalirana snaga u KW           | Spec. energetičke snage u KW |   |
| 1. Hostens            | 1932.            | 10                      | —     | 90            | 450     | 30                | 15        | 75—77,5         | 92,5           | 15                            | 8       | 400            | —                      | —                  | 14,6                | 305                         | 0,68                         | —                   | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 2. Metrostolln        | 1941.            | —                       | 100   | —             | —       | 1750              | 68—100    | 170             | 45             | 335                           | 60      | 70             | 7600                   | —                  | —                   | 18,2                        | 3400                         | 1,94                | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            | — |
| 3. Časov-Jarsk        | 1955.            | —                       | —     | —             | —       | 600               | —         | 75              | —              | 107                           | 13      | —              | —                      | —                  | —                   | —                           | —                            | —                   | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 4. River King         | 1957.            | —                       | 100   | —             | —       | 1260              | 28,1—38,1 | 77              | 10,3           | 115,1                         | 16,5    | 44             | 1510                   | 3,4                | —                   | —                           | —                            | 2070                | 1,65                | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            | — |
| 5. Nikopol            | 1959.            | —                       | —     | —             | —       | 1000              | —         | —               | —              | —                             | —       | —              | —                      | —                  | 20                  | —                           | —                            | —                   | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            | — |
| 6. Arjanz             | 1959.            | 90                      | —     | —             | 10      | 1450              | 37        | 113             | 76—90          | 240                           | 31      | 48             | 3260                   | 0,1                | —                   | —                           | —                            | 2940                | 2,03                | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            | — |
| 7. Pietrafitta        | 1959.            | 50                      | 50    | —             | —       | 1200              | —         | —               | 70             | 51                            | 116,5   | 21             | 30                     | —                  | —                   | —                           | —                            | —                   | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 8. Neyveli            | 1960.            | 100                     | —     | —             | —       | 600               | —         | —               | 35             | —                             | —       | —              | —                      | —                  | —                   | —                           | —                            | —                   | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 9. Bénin              | 1961.            | —                       | —     | —             | —       | —                 | —         | —               | —              | 80                            | —       | —              | —                      | —                  | —                   | —                           | —                            | —                   | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 10. Northern Illinois | 1963.            | 100                     | —     | —             | —       | —                 | —         | —               | 2500           | 38,5                          | 104     | 11             | —                      | 142,5              | —                   | —                           | —                            | —                   | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 11. Wallendorf        | 1968.            | 30                      | —     | —             | —       | —                 | —         | —               | 70             | 7000                          | —       | 150            | —                      | —                  | —                   | —                           | —                            | 35                  | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 12. Irša Borodino     | —                | —                       | —     | —             | —       | —                 | —         | —               | —              | 8000                          | —       | —              | 225                    | —                  | —                   | —                           | —                            | 50                  | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |
| 13 . Nazarov          | —                | —                       | —     | —             | —       | —                 | —         | —               | —              | 5000                          | —       | —              | 180                    | —                  | —                   | —                           | —                            | 40                  | —                   | —                      | —                            | —                            | —                   | —                                | —                            |   |

— U zavisnosti od vrste materijala i moćnosti jalovog pokrivača u pogonu se nalaze kombinovane mašine sa konzolom za odlaganje dužine do 170 m, a projektovana je kombinovana mašina sa konzolom od 225 m.



Sl. 15 — Zavisnost između visine kopanja i raspona direktnog odlaganja jalovine kombinovanim mašinama.

Fig. 15 — Relationship between depth of excavation and span of direct storage of the spoil by combined equipment.



Sl. 16 — Zavisnost između radne težine mašine i dužine konzola za odlaganje jalovine.

Fig. 16 — Relationship between weight of machine at work and boom length.

— Ukupni raspon direktnog odlaganja (L) raste sa povećanjem visine etaže otkrivke odnosno visinom kopanja bagera glodara (H), kako je to prikazano na dijagramu na sl. 15, koji je konstruisan na osnovu postojećih kombinovanih mašina. U istom dijagramu prikazana je i zavisnost dužine konzole odlagača kombinovane mašine (1) u zavisnosti od visine etaže otkrivke i vrste tla. Može se zaključiti da se povećanjem visine etaže otkrivke mora kod glinovitog tla znatno povećati i dužina konzole za odlaganje, dok je to povećanje kod otkrivke sa peskovitim naslagama iznad 30 m visine vrlo malo.

— Porastom dužine konzole povećava se i radna težina kombinovane mašine. U dijagramu na sl. 16 prikazana je zavisnost između dužine konzole i radne težine kod kombinovane mašine, odlagača i samohodne trake za mašine kapaciteta oko  $3500 \text{ m}^3/\text{h}$  čvrste mase. Može se primetiti da se težina odlagača povećanjem dužine konzole više povećava nego kod kombinovanih mašina. Razlog tome je između ostalog i to, da se odlagač kreće na tlu manje nosivosti, što iziskuje pri povećanju konzole i protivtega, takođe i povećanje površine naleganja gumenice. Kombinovane mašine kreću se nasuprot tome na čvrstom tlu, obično na krivini uglja ili rude, što omogućava veće specifične pritiske na tlo.

— Dijagram na sl. 17 prikazuje zavisnost radne težine kombinovane mašine od ukupnog raspona direktnog odlaganja jalovine. Na osnovu tablice 1 proizilazi da se kombinovane mašine mogu grupisati prema kapacitetu ispod i iznad  $1500 \text{ m}^3/\text{h}$  i dobiti zavisnost radne težine prema ukupnom rasponu odlaganja kako je to u dijagramu prikazano.

— Analizom zavisnosti radne težine, raspona odlaganja i kapaciteta kombinovanih mašina, kao i drugih na površinskim otkopima primenjenih bagera glodara i odlagača, možemo konstatovati da je radna težina funkcija raspona i kapaciteta mašine i da se kreće određenom krivuljom kao što to prikazuje dijagram na sl. 18.

— Upoređenjem raznih mašina za površinske otkope, kao i onih koje su date u tablici 1, možemo konstatovati, da se vrednosti specifičnog pokazatelja, kao funkcija

težine mašine, kapaciteta i raspona direktnog odlaganja, kreću u određenim granicama prema tablici 2 i mogu izraziti formulom:

$$g = \frac{G}{Q \cdot l} \text{ (kg/m}^4/\text{h)}$$

gde je:

G — težina mašine u kg

Q — kapacitet mašine u m<sup>3</sup>/h

l — raspon odlaganja, odnosno dužina konzole za odlaganje ili utovar u m.

Tablica 2

| Mašina                    | Specifični pokazatelj u kg/m <sup>4</sup> /h |
|---------------------------|--|
| Bageri glodari            | 7—11   |
| Odlagači                  | 4—6  |
| Kombinovane mašine        | 9—12   |
| Bageri glodari + odlagači | 11—17  |

— Uporedni pregled pokazuje nam da je specifična težina, gledana kroz ovaj pokazatelj, manja kod kombinovanih mašina nego kod zbiru bagera glodara i odlagača.

Ova činjenica direktno utiče na visinu investicionih ulaganja i govori u prilog primene kombinovanih mašina iz aspekta snižavanja specifičnih investicionih troškova kod otvaranja površinskih otkopa.

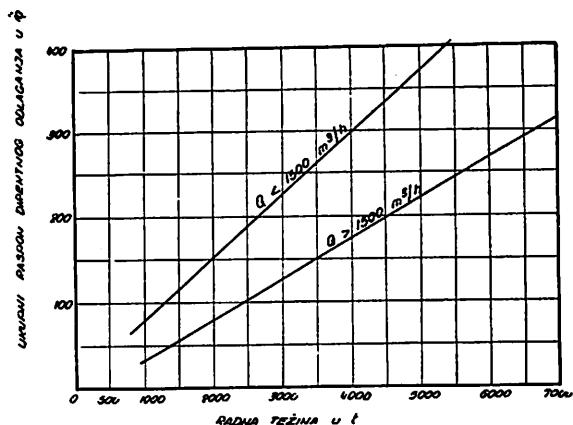
— Velika prednost kombinovanih mašina u odnosu na klasičnu tehniku transporta jalovine ogleda se, pored već pomenutog sniženja investicionih ulaganja, još i u povećanju čistog vremena bagerovanja, a naročito u sniženim proizvodnim troškovima po m<sup>3</sup> jalovine.

— Tablica 1 pokazuje da se specifični utrošak električne energije kreće u granicama između 1 do 2 kWh/m<sup>3</sup>, a poznato je da se ostvareni normativi električne energije na velikim površinskim otkopima sa transportom jalovine po etažama kreću između 3 do 6 kWh/m<sup>3</sup> odnosno 2 do 3 puta su veći nego kod direktnog odlaganja jalovine kombinovanim mašinama.

— Uporedni pregled nam dalje pokazuje i to da kombinovane mašine, bez obzira na

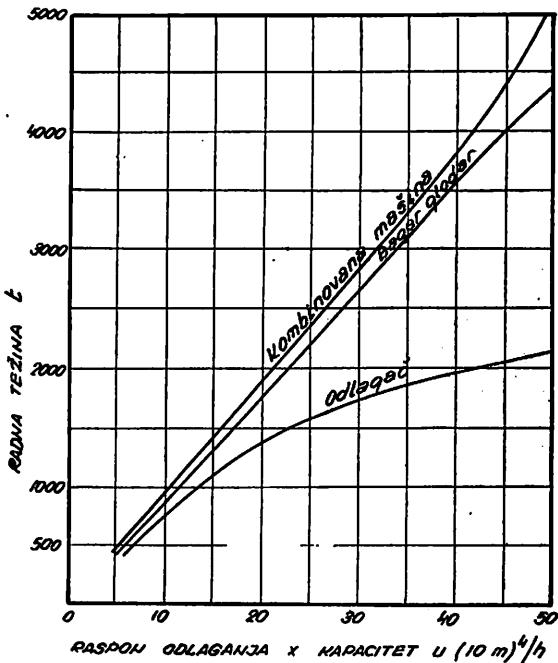
različite dužine odlaganja i visine kopanja, imaju zajednički pokazatelj u zavisnosti od kapaciteta mašine. Ovaj pokazatelj po Gärtner-u izražen je formulom

$$p = \frac{G}{Q \cdot L \cdot H}$$



Sl. 17 — Zavisnost između radne težine kombinovane mašine i raspona direktnog odlaganja jalovine.

Fig. 17 — Relationship between the weight of machine at work and span of direct storage.



Sl. 18 — Zavisnost između radne težine mašine i pokazatelja Q \* L.

Fig. 18 — Relationship between the weight of machine and parameter Q \* L.

gde je

$p$  — karakteristika u  $\text{kg}/\text{m}^5/\text{h}$

$G$  — radna težina bagera odnosno kombinovane mašine u kilogramima

$Q$  — kapacitet mašine u  $\text{m}^3/\text{h}$

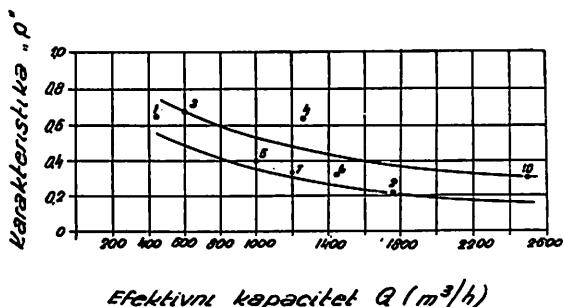
$L$  — ukupna dužina konzola odnosno raspon direktnog odlaganja u metrima

$H$  — visina kopanja u metrima.

Na sl. 19. prikazan je dijagram zavisnosti pokazatelja od efektivnog kapaciteta kombinovanih mašina koje se tretiraju u pretvodnom tekstu.

— Na kraju, iz uporedne tablice možemo zaključiti da su materijal u kome su primenjene kombinovane mašine, kao i sama konstrukcija mašina, vrlo različiti, a da se svi

pokazatelji ipak kreću u granicama datih dijagrama, te ih možemo usvojiti kao karakteristične za kombinovane mašine tipa bager glodar-odlagač.



Sl. 19 — Zavisnost između efektivnog kapaciteta mašine i karakteristike  $p$ .

Fig. 19 — Relationship between effective capacity of machine and  $p$  characteristic.

## SUMMARY

### Development of Direct Waste Rock Deposition in a Continuous Way in Open Pit Mines in the World and Possibility of Application of this Technology to our Lignite Open Pit Mines

J. Kun, min. eng.\*)

In lignite open pit mines, which have favourable exploitation conditions, it is successfully applied the technology of direct storage of the spoil. Taking into consideration very favourable, but also specific exploitation conditions in our open pit mines, the possibility of use of combined mechanization for direct storage of the spoil is under investigation.

The first part of the article analysis the modern construction of combined machines for direct storage of the spoil and gives the conclusions about their principal working parameters.

The second part of the article analysis the exploitation conditions of our large lignite deposition and discusses the individual parameters necessary for choice of suitable combines machine for direct storage of the spoil in excavating area.

The special problems are slope stability, bearing capacity of ground for future storage of the spoil, and the autor gives original solutions with typical combined machines adapt to our exploitation conditions.

The limit of quantity of overburden is particularly determined, at which the technology of direct waste rock moving is justified.

\*) Dipl. ing. Janoš Kun, upravnik Biroa za površinsku eksploraciju mineralnih sировина u Rudarskom institutu, Beograd.

# Analiza postignutih rezultata primenom horizontalne i vertikalne koncentracije otkopavanja uglja

(sa 1 slikom)

Dr ing. Rudolf Ahčan

Povećanje proizvodnje uglja jamskim putem, traži, zbog jake konkurenциje površinskih kopova, iznalaženje najpogodnije i najekonomičnije metode otkopavanja uglja, koje će biti u skladu sa tendencijama razvoja savremene jamske eksploatacije, kao i sa specifičnim jamskim prilikama, koje se u pojedinim ležištima uglja javljaju.

U cilju sagledavanja tendencije razvoja eksploatacije moćnih slojeva, kod nas i u svetu, potrebno je izvršiti kratku analizu načina rešavanja tog problema. Granica od koje se pojedini slojevi ubrajaju u moćne slojeve, kod nas i u svetu, još nije određena, zbog čega se u različitim zemljama različito i tretira.

Uglavnom, u moćne slojeve ubrajaju se slojevi, koji se ne mogu otkopavati u jednoj etaži (iznad visine 3,0 m).

Kod eksploatacije moćnih slojeva razlikuju se dva vida eksploatacije i to:

- eksploatacija sa primenom horizontalne koncentracije otkopavanja, i
- eksploatacija sa primenom vertikalne koncentracije otkopavanja.

## Horizontalna koncentracija otkopavanja

Primena horizontalne koncentracije otkopavanja bazira na eksploataciji sloja u jednom pojasu ili etaži pomoću širokočelne otkopne metode, po pravilu sa primenom kompleksne mehanizacije. Pri tome, kod određene dužine čela (optimum je u raznim zemljama različito određen, ali uglavnom se nalazi u blizini dužine čela  $L = 200$  m) dnev-

ni napredak otkopne fronte varira i kreće se od 2,0 do 4,0 m mestimično i preko ove vrednosti. Na taj način postiže se iz jedne otkopne jedinice tj. u datom primeru sa širokog čela, u zavisnosti od moćnosti sloja, proizvodnja od 1.000 do 2.000 tona/dan. Ako je dužina čela oko 200 m a dnevni napredak do 4,0 m postiže se velika koncentracija proizvodnje jedne otkopne jedinice, što znatno smanjuje broj radnika na neproduktivnim radnim mestima i pozitivno utiče na produktivnost, tim više što je veliki deo radnih operacija, a delimično i podgrađivanje, mehanizovan. Potrebno je naglasiti, da su troškovi za opremu takvog otkopa veoma visoki, a da troškove kapitalnog ulaganja treba nadoknaditi visokom produktivnošću i to kod srazmerno visokih ličnih dohodaka zaposlenih.

Prikazani način eksploatacije primenjuje se u rudnicima kamenog uglja naročito u zapadnoj Evropi i SSSR-u. U današnje vreme forsira se na rudnicima kamenog uglja uvođenje potpuno mehanizovanog otkopa bez posade pod uslovom da su sve radne operacije automatizovane. U toku su optiti sa čelom bez radnika u Engleskoj, Francuskoj i u SSSR-u.

## Vertikalna koncentracija otkopavanja

Vertikalna koncentracija otkopavanja primenjuje se u svetu naročito u slojevima sa strmim padom i to zbog male mogućnosti oblaganja radilišta u horizontali. Taj princip koncentracije proizvodnje u vertikalnom

smislu se naročito primenjuje u strmim slojevima kamenog uglja SAD i Francuske.

Kako u našoj zemlji ne raspolažemo visoko kvalitetnim kamenim ugljem, nego uglavnom lignitom i u manjoj meri mrkim ugljem, to će biti potrebno, u borbi za povećanje produktivnosti, kod stalnog povećanja ličnih dohodaka zaposlenih radnika, tražiti načine, da se visoko mehanizovani odnosno potpuno mehanizovani postupci podzemne eksploatacije uglja, koji traže vanredno visoka investiciona ulaganja (oko 4,0 mil. din. po tekućem metru čela), zamene vertikalnom koncentracijom eksploatacije.

U nekim rudnicima mrkog uglja u SFRJ, na kojima se eksploatišu slojevi veće moćnosti, uvedene su otkopne metode, koje delimično baziraju na primeni vertikalne koncentracije otkopavanja. Tako je npr. u rudniku »Tito« — Banovići (jama Radina) uvedena 3. etažna otkopna metoda sa zarušavanjem i razmakom etaža od oko 25 m, a u rudnicima Breza, Rembas i Kamengrad 2. etažna otkopna metoda sa zarušavanjem i razmakom etaže od oko 25 m. Dalje je na rudniku Zagorje uvedena 3. etažna otkopna metoda sa zasipavanjem otkopnih prostorija i otkopna metoda sa obrušavanjem uglja iz stropa kod otkopne visine 6—7,5 m.

Sve navedene metode su sada u radu i većim odnosno manjim učinkom i kapacitetom doprinose povećanju proizvodnje navedenih rudnika. Kako pomenute otkopne metode ne predstavljaju karakteristične otkopne metode sa primenom vertikalne koncentracije, neće se uzimati u obzir kod daljeg razmatranja.

Kod vertikalne eksploatacije moćnih slojeva uglja, koja se primenjuje naročito u slučajevima kada se eksploatiše sloj lignita sa manjom kaloričnom vrednošću, na račun veće produktivnosti ostavlja se deo ugljene supstance kao otkopni gubitak. Visina otkopnih gubitaka zavisi od otkopne metode, stepena uvežbanosti odnosno kvalifikacionog sastava zaposlenih radnika na otkopu.

Kod vertikalne koncentracije otkopavanja je bitno, da se veći deo proizvodnje u otkopu dobija iz natkopnog dela otkopa tj. miniranjem i samoutovarom pomoću kose ravni. Tako se uštedi veliki deo neproduktivnih operacija na otkopu (kao npr. podgradivanje, premeštanje podgrade i sl.) i sve vreme se utroši za direktno dobijanje odnosno utovar miniranog uglja.

Na ovaj način može se eksploatisati sloj uglja veće moćnosti u jednom ili dva pojasa, čime se znatno smanjuje količina potrebne pripreme, a u vezi s tim i intenzitet održavanja. Povećanjem količine uglja, dobijenog po 1 m<sup>2</sup> otkopne površine, mogu se, pošto se istovremeno uzima veća visina otkopa i sa manjih otkopnih jedinica (čela do 60 m), postići visoki dnevni kapaciteti. Takav način eksploatacije pokazuje da se i kod manjih otkopnih jedinica, koje traže i manja investiciona ulaganja, može postići visoka produktivnost.

#### Opiti uvođenja novih otkopnih metoda za eksploataciju moćnih slojeva uglja na rudnicima uglja u SFRJ

Rudnici uglja u SFRJ traže nova rešenja, kako bi se sadašnje otkopne metode zamениle savremenijim tehnološkim postupcima. U tom cilju bio je izvršen na našim rudnicima (naročito u Istarskim ugljenokopima, rudnicima »Tito« — Banovići, Breza, Rembas, Kreka, Kolubara, Kostolac i Velenje), niz opita primene mehanizovanog dobijanja uglja i mehanizovanog podgrađivanja, da bi se našlo odgovarajuće tehničko rešenje mehanizacije navedenih radnih operacija za naše rudarsko-geološke uslove.

Opiti mehanizovanog dobijanja i utovara uglja na rudnicima kamenog i mrkog uglja su, uglavnom, dali pozitivne rezultate, dok je problem mehanizovanog podgrađivanja kao i mehanizovanog dobijanja lignita ostao i dalje nerešen.

Analiza utroška radnog vremena za podgradivanje na otkopu pokazuje da se najveće uštede u radnom vremenu mogu postići kod mehanizacije te radne operacije (oko 60% radnog vremena), zbog čega je potrebno, da se glavna pažnja posveti toj operaciji.

U cilju savlađivanja tog problema bili su u rudnicima »Tito« — Banovići i Kreka izvršeni opiti sa mehanizovanom podgradom i hidrauličnim sloganima firme »Hemscheidt«, a na rudnicima Velenje i Kreka opiti sa kompleksnom mehanizacijom »OMKT«.

Dosadašnji rezultati tih opita nisu dali zadovoljavajuće rezultate. Opiti sa primenom hidrauličnih sloganova firme »Hemscheidt« su dali negativne rezultate, dok opiti sa »OMKT« kompleksom još nisu za-

vršeni. Zbog velike važnosti tih opita, s obzirom na dalje usmeravanje opita sa mehanizacijom podgrađivanja odnosno uvođenja kompleksne mehanizacije eksploracije uglja jamskim putem u SFRJ, potrebno je tom problemu posvetiti svu pažnju i na osnovu kritičke ocene dosadašnjih rezultata odrediti dalji pravac tog razvoja.

U tom cilju će se izneti zaključci o rezultatima dosadašnje primene mehanizovane hidraulične podgrade firme »Hemscheidt« u rudnicima »Tito« — Banovići i Kreka. Dalje će se izvršiti kratka analiza primena kompleksne mehanizacije »OMKT« u rudnicima Velenje i Kreka. Kao zaključak daće se kritička ocena primene tog vira kompleksne mehanizacije za eksploraciju moćnih slojeva lignita u našoj zemlji.

#### »Hemscheidt« na rudnicima Kreka i »Tito« — Banovići\*

Problem iznalaženja adekvatne metalne podgrade na otkopima u različitim jamskim prilikama bio je naučna tema, koja je bila obrađena u Rudarskom institutu u Beogradu. U toj studiji ocenjeni su i rezultati izvršenih opita sa primenom hidrauličnih slogova u rudnicima »Tito« — Banovići i Kreka, a koje se mogu u kratkim crtama svesti na sledeće:

— probni rad sa hidrauličnim slogovima vršen je na širokočelnim otkopima u radnoj sredini čija krovina se ubraja u mekane stene, koje nisu podesne za primenu hidrauličnih slogova takvog tipa;

— u sklopu sistema »stena-podgrada« sila upinjanja hidrauličnih slogova »Hemscheidt« je prevelika s obzirom na mogućnosti opterećenja, koja mogu podneti mekane stene, naročito ukoliko je brzina napredovanja otkopnog fronta mala;

— stepen poduhvaćenosti krovine (20%) za dati tip hidrauličnih slogova je mali;

— koeficijent uzastopnih opterećenja krovine (4–6 puta) hidrauličnim slogovima je prevelik za radne sredine, koje postoje u rudnicima Kreka i Banovići;

— konstruktivno rešenje slogova nije bilo najpogodnije za radnu sredinu, u kojoj su bile izvršene probe, naročito s obzirom na princip pomeranja, oblik i površinu do-

\*) Dipl. ing. B. Đukić: Studija iznalaženja adekvatne metalne podgrade za otkope u različitim jamskim prilikama — završni izveštaj, Rudarski institut — Beograd, 1964.

njeg oslonca, vezu između greda i veliki broj nezaštićenih creva i

— tehnološki proces dobijanja uglja nije bio usklađen sa načinom rada hidrauličnih slogova.

Na osnovu toga može se zaključiti, da su pored navedenih razloga postojali i objektivni razlozi, koji su uslovili slabo postizanje rezultata rada na otkopima sa primenom hidrauličnih slogova (kao na primer: nedovoljna obučenost radnika, teški rudarsko-geološki uslovi, početne teškoće kod uvođenja novih tehnoloških procesa, nedovoljno poznavanje specifičnih uslova kod primene podgrade, koja je predviđena za rad na otkopima kamenog uglja i sl.).

Svakako su izvršeni opiti u rudnicima »Tito« — Banovići i Kreka dali veoma pogodne rezultate za dalje usmeravanje novih opita uvođenja mehanizovane podgrade u našim rudnicima, čija se radna sredina bitno razlikuje od radne sredine u kojima rade rudnici kamenog uglja u zapadnoj Evropi, za čije radne uslove je ta podgrada i konstruisana.

#### Rezultati opita sa kompleksnom mehanizacijom OMKT

Opiti sa uvođenjem kompleksne mehanizacije OMKT na rudnicima lignita Velenje (2 jedinice á 60 m) i Kreka (1 jedinica á 50 m) još nisu završeni, ali se mogu, na osnovu 30-mesečnog rada u Velenju i 12-mesečnog rada u Kreki, navesti određeni rezultati. Pošto se iz rada OMKT kompleksa u rudniku Velenje može navesti više rezultata, koji bitno utiču na dalje usmeravanje primene te vrste kompleksne mehanizacije u našim jamama, to će se u daljem tekstu ukratko dati određeni zaključci. Kritičke ocene rezultata opita sa primenom kompleksne mehanizacije, bile bi sledeće:

— sigurnost zaposlenih na otkopu kod te otkopne metode u poređenju sa sadašnjim stepenom razvoja Velenjske otkopne metode u mnogom se popravila, jer radnici stalno ostaju u podgrađenom, tj. osiguranom prostoru. Ulaženje u nepodgrađeni tj. nekontrolisani prostor nije moguće;

— produktivnost zaposlenih na otkopu, u poređenju sa sadašnjom otkopnom metodom, u znatnoj meri se nije popravila, ali nakon uhodavanja tehnološkog procesa u području sloja sa manjom nosivošću (oko

60 kg/cm<sup>2</sup>) može se očekivati, da će se u izvesnoj meri popraviti;

— kod opita u rudnicima Velenje i Kreka bilo je ustanovljeno, da je jačina elektro motora primenjivanog kombajna nedovoljna i da sama izrada kombajna (slučaj kod Kreke) ne odgovara načinu dobijanja. U cilju rešenja tog problema firma »Eickhoff« je predložila rešenje uvođenjem jednobubnjaste podsekačice sa hidraulično pomičnim bubnjem (jačina elektro motora N = 130 kW), koji može da reže u oba pravca. Primenom tog kombajna biće problemi zasecanja, koji, naročito u rudniku Kreka, predstavljaju osnovnu prepreku, rešeni na zadovoljavajući način;

— za prelaz na otkopavanje primenom mehanizacije potrebna su visoka investiciona ulaganja (oko 400 miliona starih dinara za svako čelo), što iziskuje nova opterećenja proizvodnje;

— prelaskom na otkopavanje samohodnom štitnom podgradom i mehanizovanim dobijanjem uglja povećavaju se za oko 2 puta potrebe za izradu pripremnih hodnika. S tim u vezi, naročito zbog velike blizine krovnih naslaga odnosno starog rada, povećava se u izvesnoj meri i intenzitet održavanja jamskih saobraćajnica;

— gubi se osnovna prednost Velenjske otkopne metode, koja bazira na vertikalnoj koncentraciji, koja odgovara slojnim prilikama ležišta lignita sa većom moćnošću. Ta prednost se nadoknađuje potrebom za znatno većom brzinom napredovanja otkopnog fronta, koje treba da iznosi oko 5,0 m/dan, kako bi se navedeni nedostaci kompenzirali, a

— poseban problem predstavlja primena kompleksa OMKT u partijama sloja sa manjom nosećom sposobnošću uglja, gde se pojavljuju, kako su to sadašnji opiti pokazali, veoma visoki otkopni pritisci. Uprkos tome se može zaključiti da će se OMKT kompleks moći primeniti u područjima, gde moćnost sloja nema takvih dimenzija.

Ukoliko se navedene bitne prednosti i nedostaci primene kompleksne mehanizacije OMKT još jednom kritički razmotre, može se zaključiti da primenjena otkopna metoda sa kompleksnom mehanizacijom može mnogo doprineti daljem poboljšanju uslova rada na otkopima i to samo u području u kojem je moguće normalno otkopavanje s obzirom na proces zarušavanja sloja.

#### Poređenje rezultata eksploatacije moćnih slojeva uglja prema vertikalnoj i horizontalnoj koncentraciji otkopavanja

U cilju sagledavanja prednosti i nedostataka širokočelne otkopne metode sa obrušavanjem krovnih naslaga uglja i metode sa primenom OMKT — kompleksa daće se u najkraćim crtama opis i pregled osnovnih parametara koji se ovim metodama postižu.

Velenjska otkopna metoda predstavlja primer koncentracije proizvodnje u vertikalnom smislu, što znači da se na jednom širokočelnom otkopu vrši produktivan rad na dva fronta, tj. na izradi novog potkopnog dela otkopa sa visinom 2,2 m i na obrušavanju uglja iz stropne ploče moćnosti oko 4—6 m. Istovremeno se na jednom čelu otkopava sloj moćnosti oko 6—8 m. Osnovni princip otkopne metode je obrušavanje slojeva uglja iz drugog pojasa ili ploče kod istovremenog napredovanja čela.

Širokočelna otkopna metoda sa primenom kompleksne mehanizacije OMKT predstavlja opit koncentracije proizvodnje u horizontalnom smislu, što znači da se na širokočelnom otkopu, gde su osnovne radne operacije potpuno mehanizovane, forsira dnevna brzina napredovanja otkopa kod otkopne visine 2,9 m, kako bi se nadoknadio gubitak otkopne visine, a time i gubitak drugog fronta. Osnovni princip otkopne metode je, dakle, forsirano dnevno napredovanje čela. Ukratko su opisana dva osnovna principa eksploatacije moćnih slojeva.

U daljem tekstu se daju, u cilju sagledavanja stanja razvoja primene kompleksne mehanizacije u SFRJ u 1963. godini, podaci o postignutim rezultatima OMKT kompleksom koji se primenjuje u Kreki i Velenju. U tablici 1. prikazano je upoređenje sa istim kompleksom iz Podmoskovskog basena i rezultatima rada prema Velenjskoj otkopnoj metodi u 1963. godini. Rezultati su u glavnim pokazateljima prikazani u tablici 1.

Ovaj pregled pokazuje, da proces proizvodnje na principu horizontalne koncentracije eksploatacije primenom OMKT- kompleksa u našim rudnicima još nije usvojen, ali da ne zaostaje umnogom za prosečnim rezultatima tog načina rada u Moskovskom basenu, gde je ta otkopna metoda bila razvijena.

Tablica 1

Poređenje rezultata dobijenih Velenjskom otkopnom metodom i primenom OMKT kompleksa.

| Pokazatelj                               | OMKT kompleks        |              |              | Velenjska otkopna metoda<br>Velenje |
|--|----------------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
|  | Podmoskovski bazen*) | Kreka**)     | Velenje***)  |                                     |
| Proizvodnja t/dan indeks                 | 390<br>96            | 187<br>46    | 275<br>68    | 405<br>100                          |
| Mesečni napredak m indeks                | 49,2<br>230          | 28,3<br>132  | 34,4<br>160  | 21,5<br>100                         |
| Otkopni učinak t/nad. indeks             | 15,7<br>127          | ...          | 9,1<br>74    | 12,4<br>100                         |
| Potrošnja grude m <sup>3</sup> /t indeks | 0,00577<br>116       | 0,006<br>120 | 0,005<br>100 | 0,005<br>100                        |
| Dužina čela m indeks                     | 60<br>100            | 50<br>83     | 60<br>100    | 60<br>100                           |
| Otkopna visina m indeks                  | 2,9<br>39            | 2,9<br>39    | 2,9<br>39    | 7,5<br>100                          |

Ukoliko se izvrši upoređenje sa rezultatima rada postignutim u istom vremenskom periodu sa Velenjskom otkopnom metodom na rudniku Velenje, onda se vidi da su rezultati postignuti sa Velenjskom otkopnom metodom u Velenju i sa OMKT — kompleksom u Moskovskom basenu uprkos skoro potpune mehanizacije radnih operacija u drugom slučaju, uglavnom, približno na istom nivou, što znači da se prednost obrušavanja uglja iz stropa veoma teško nadoknađuje primenom kompleksne mehanizacije.

Ako se uzmu u obzir rezultati postignuti u 1964. godini sa OMKT u Velenju (učinak 16,5 t/nadn.) i Kreki (gde se učinak u zadnje vreme popravio) kao i sa Velenjskom otkopnom metodom (učinci I polugodišta 1964. god 14,2 t/nad) vidimo da se je raz-

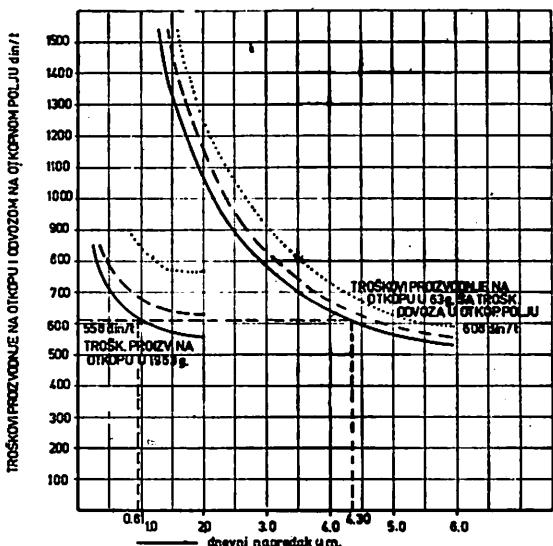
\*) ECE Coal Committee — The influence of face mechanisation on labor productivity in the Moscow Coalfield 1964.

\*\*) Rudarsko-hemijiski kombinat — Tuzla: Rudnici lignita Kreka: otkopavanje u Kreki — razvoj, sadašnje stanje, probe u toku i planirane probe u 1964. god.

\*\*\*) Rudnik lignita Velenje: Tehničko poročilo o obretovanju odkopne kompleksne mehanizacije OMKT u jami Zapad.

lika u postignutim učincima u SFRJ u poređenju sa rezultatima iz Moskovskog baze na znatno smanjila.

U cilju boljeg prikaza stanja eksploracije u navedenim načinima koncentracije proizvodnje potrebno je izvršiti i upoređenje ekonomskih pokazatelja. Paralela pokazatelja oba vida eksploracije prikazana je dijagramom (sl. 1), koji je sastavljen na osnovu podataka o visini proizvodnih troškova na otkopavanju obe otkopne metode.



Sl. 1 — Dijagram određivanja visine proizvodnih troškova na otkopu kod analiziranih otkopnih metoda sa predviđenim porastom vrednosti nadnice od 7% godišnje za period 1963—1970.

— nivo proizvodnih troškova na otkopu kod ličnih dohodata u 1963.  
— — — nivo proizvodnih troškova na otkopu kod ličnih dohodata uvećanih za 21%.  
· · · · · nivo proizvodnih troškova na otkopu kod ličnih dohodata uvećanih za 60%.

Fig. 1 — Relationship between production cost on the face for analyzed mining methods and planned increase of wages 7% per year for period 1963—1970.

Kako se iz uporednog dijagrama vidi, za postizanje istih ekonomskih rezultata otkopavanja primenom kompleksne mehanizacije sistema OMKT u poređenju sa Velenjskom otkopnom metodom potrebno je postići dnevni napredak približno

$$n = 4,3 \text{ m/dan}$$

Analiza kao i kritička ocena rezultata rada prema opisanim otkopnim metodama Velenjske otkopne metode i otkopne metode sa primenom kompleksne mehanizacije

OMKT pokazuju sve prednosti i nedostatke tih otkopnih metoda, koje su, uglavnom, sledeće:

Vertikalna koncentracija eksploatacije kod Velenjske otkopne metode:

**Prednosti:**

- koncentracija proizvodnje na osnovu rada kod povećane otkopne visine;
- visoki otkopni učinci i velika koncentracija proizvodnje u otkopnom polju;
- minimalna uložena sredstva potrebna za rad;
- niski proizvodni troškovi;
- vanredno male potrebe za izradu jamskih saobraćajnica i
- srazmerno mali intenzitet održavanja.

**Nedostaci:**

- nekontrolisani rad u stropu;
- primena frikcione podgrade;
- miniranje i delimično ručni utovar iz potkopnog dela;
- niski stepen mehanizovanosti rada i
- nemogućnost automatizacije rada.

Horizontalna koncentracija eksploatacije kod širokočelne otkopne metode sa primenom kompleksne mehanizacije:

**Prednosti:**

- kontrolisani rad svih operacija što daje visoki stupanj bezbednosti na otkopu zaposlenih radnika;
- visoki stepen mehanizacije radnih operacija, a s tim smanjenje napornog rada na otkopu;
- mogućnost eventualne automatizacije rada i
- mogućnost velikog dnevnog napredovanja čela sa upotrebom odgovarajućeg kombajna.

**Nedostaci:**

- visoka uložena sredstva za nabavku mehanizacije;
- povećana potreba izgradnje jamskih saobraćajnica za 2,1 puta;
- povećani intenzitet održavanja;
- nemogućnost rada u slojevima velike moćnosti;
- viši otkopni gubici i
- visoki troškovi proizvodnje kod nedovoljne brzine dnevnog napredovanja.

Kritička ocena navedenih glavnih prednosti i nedostataka otkopnih metoda, koje baziraju na principu vertikalne odnosno horizontalne koncentracije proizvodnje jasno ukazuju na činjenicu, da rešenje načina eksploatacije slojeva lignita velike moćnosti prvenstveno treba tražiti u koncepcijama vertikalne koncentracije proizvodnje.

U područjima sloja lignita manje moćnosti, gde otkopna visina nije dovoljna za otkopavanje Velenjskom otkopnom metodom, primeniće se otkopne metode sa kompleksnom mehanizacijom, ali i sa kombajnima, koji su pripremljeni za rad u datim uslovima. Jasno je, da u takvim područjima ne dolaze u obzir otkopne metode, koje baziraju na principu vertikalne koncentracije.

**Zaključak**

Rezime analize prednosti i nedostataka oba opisana vida koncentracije proizvodnje jasno ukazuje na činjenicu, da rešenje otkopne metode za eksploraciju moćnih slojeva kod primene sada raspoložive kompleksne mehanizacije treba tražiti u većoj meri u primeni otkopnih metoda, koje baziraju na principu vertikalne koncentracije proizvodnje, a u uslovima, koji su pogodni za primenu kompleksne mehanizacije (slojevi manje moćnosti) treba nastaviti sa eksperimentima za uvođenje te mehanizacije.

**SUMMARY**

**Analitical Review of Achieved Results Applying Horizontal and Vertical Concentration of Getting Coal**

Dr R. Ahčan, min. eng.\*)

The analysis of advantage and lack of horizontal and vertical concentration of getting coal, point on the fact that solution for mining method for thick coal seam getting with present application of available complex mechanization, should be necessary to seek more in mining methods, which are based on the principle of vertical concentration of the production, but in conditions which are convenient for application of complex mechanization (less thick coal seams), it is necessary to continue with experiments for introduction of that mechanization.

\* ) Dr ing. R. Ahčan, upravnik Biroa za naučno-istraživački rad u Rudarskom institutu, Beograd

## Ispitivanje stabilnosti bagera vedričara na radnim etažama sa gledišta nosivosti tla u podlozi

(sa 8 slika)

Prof. ing. N. Najdanović — dr ing. R. Stojadinović — dipl. ing. R. Obradović

### Uvod

Za potrebe rudnika »Kolubara« Rudarski institut je proučio uslove stabilnosti podloge za bager vedričar  $\left(D_s \frac{800}{2 \cdot 23} - 20\right)$  i odgovarajuću kolosečnu mrežu.

Ovaj problem je vrlo aktuelan ne samo u ovom rudniku nego i na površinskim otkopima uopšte. Naime, usled slabe nosivosti tla na planumu etaže dolazi do loma tla ispod pragova koloseka za bager i ispod pragova koloseka transportne mreže. Pošto je ovaj problem vezan sa velikim materijalnim izdacima za održavanje koloseka i sa usporenom eksploatacijom, to se ovo pitanje pokušalo rešiti na više načina, i kod nas i u svetu. Dosadašnja rešenja su parcijalna i nepotpuna ili su, ako su potpuno efikasna, skupa. Uglavnom, ova rešenja baziraju na privremenom podbijanju pragova nekim boljim materijalom kao što su: šljunak, šljaka i dr. u zavisnosti od toga, koji materijal stoji na raspolaganju, ili na postavljanju fašina, starih pragova i drugih privremenih rešenja, odnosno postavljanjem čeličnih ploča kao potpunog ali skupog rešenja.

Specijalno u rudniku »Kolubara« pokušalo se da se stabilnost podloge ispod pragova koloseka reši putem postavljanja šljake, kao zastornog materijala, odnosno u nedostatku šljake postavljanjem zastora od uglja, na koji su redani stari pragovi tako-

reći jedan do drugog. Međutim, ovo rešenje nije se pokazalo kao potpuno efikasno, нарочito u doba kišnih i zimskih perioda, a s druge strane bilo je i neekonomično zbog velikog broja nekvalifikovanih radnika potrebnih za održavanje koloseka.

Materijal na etažama je po svojim karakteristikama raznovrstan, ali se može klasifikovati u tri glavne vrste i to:

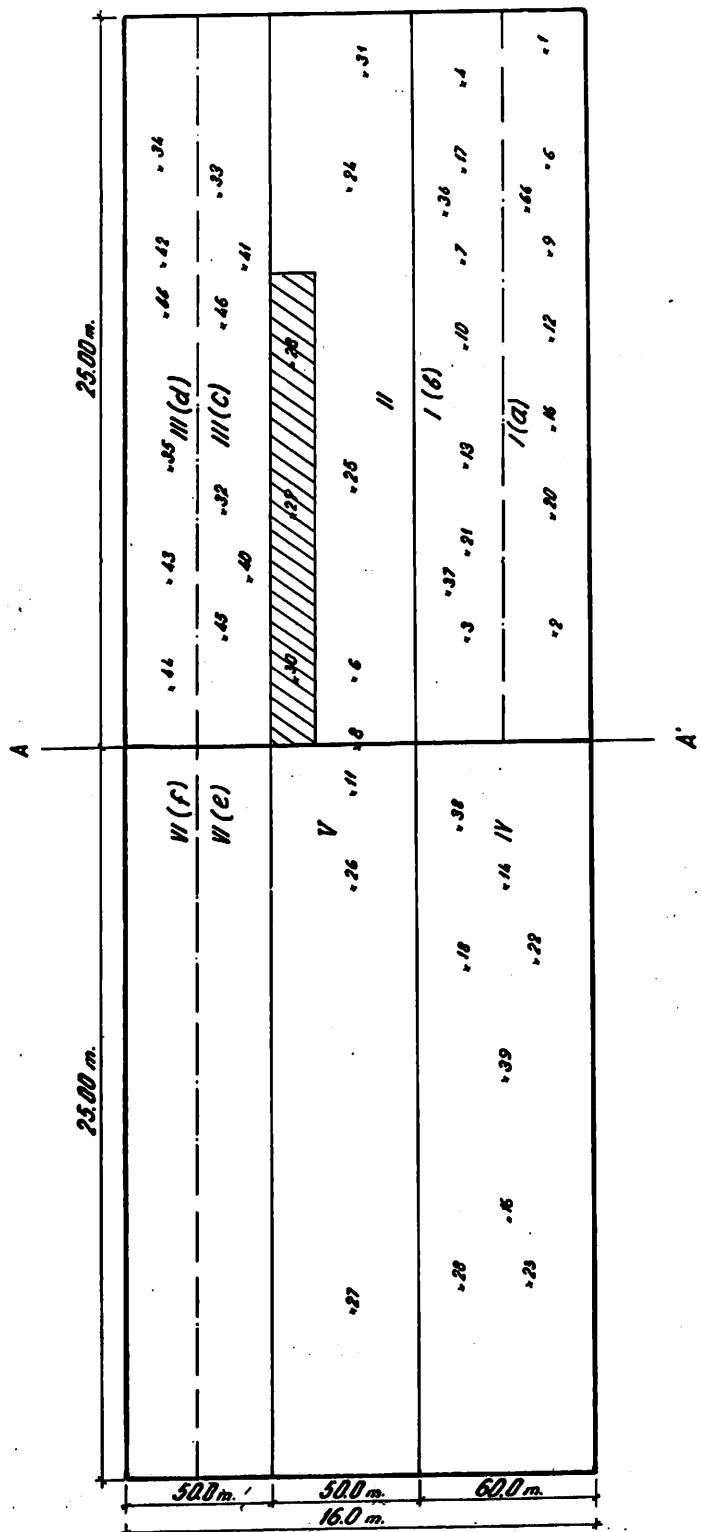
- peskovita ilovača
- prašinast glinovit pesak
- masna glina.

Ispitivanje nosivosti podloge izvršeno je samo za peskovitu ilovaču u cilju rešenja navedenog problema.

U tu svrhu izvršeno je probno zbijanje tla podloge na etažu 175 polja »B« — rudnika »Kolubara«. Probno polje je bilo ukupne dužine 50,0 m a širine 16,0 m. Polje je podeljeno na dva jednakata dela u poprečnom pravcu i svaki taj deo je podeljen na još tri uzdužna dela, tako da je ukupno bilo šest traka.

Raspored i oznake trake, debljina sloja i broj prelaza oruđa za nabijanje dati su na sl. 1.

Valjanje je izvršeno ježom težine 1,2 t, sa specifičnim pritiskom po bodlji ježa od  $p_0 = 10,0 \text{ kg/cm}^2$  i glatkim valjkom MV 12P fabrike »14. oktobar«, težine 12,0 t.



Sl. 1 — Rasporod i oznake traka i broj prelazaka oruđa za nabijanje  
I (a) — debeljina sloja 20,0 cm; I (b) — debeljina sloja 30,0 cm; II, III, IV, V, VI — vlažno i valjano valjkom; III (d) — vlažno i valjano ježom; I (a) i (b) — valjano sa 6,9 i 12 prelazaka ježom i 6,9 i 12 prelazaka valjkom; IV — valjano sa 6,9 i 12 prelazaka ježom; V (e) — 6 i 9 prelazaka ježom; VI (f) — 6 i 9 prelazaka valjkom.

Abb. 1 — Anordnung und Bezeichnung der Glättelemente und Zahl der Überwalzungen

I (a) — Schichtdicke 20,0 cm; I (b) — Schichtdicke 30,0 cm; II, III, IV, V, VI — Schichtdicke 30,0 cm; III (c) — feucht und mit Glattmantelwalze gewalzt; III (d) — feucht und mit Stachelpfanne gewalzt; I (a) u. I (b) — 12 Überwalzungen mit Stachelpfanne und 6,9 u. 12 mit Glattmantelwalze; IV — mit 6,9 u. 12 Überwalzungen; II u. III — überwalzt mit 6,9 u. 12 Stachelpfanne und Glattmantelwalze; V (e) — 6 u. 9 Übergängen mit Stachelpfanne; VI (f) — 6 u. 9 Übergängen mit Glattmantelwalze.

**T r a k a I.** — Valjana je prelaskom ježa 6, 9 i 12 puta i uzimani su uzorci zbijenog tla posle svake serije prelaska ježa.

Posle toga valjano je valjkom sa 6,9 i 12 prelaza i posle svake serije prelaza uzeti su ponovo uzorci zbijenog tla probnog polja. Zatim su trake raskvašene polivanjem vodom i sutradan uzeti novi uzorci.

Prilikom valjanja zapaženo je sledeće:

— između 6. i 9. prelaska ježom sloj je u manjoj debljini bio rastresen od bodljii umesto da bude zbijen,

— između 9. i 12. prelaska ježom sloj je rastresen 10,0 cm tako da je uzorak jednim delom uzet iz podloge.

**T r a k a IV.** — Buldožerom je prethodno skinut sloj nasutog materijala od 10,0 cm, a zatim je valjano valjkom sa 6, 9 i 12 prelazaka. Posle svake serije prelaza uzeti su uzorci zbijenosti materijala.

**T r a k e II i V.** — Valjane su sa 6 prelazaka ježom i 16 prelazaka valjka i posle toga su uzeti uzorci. Ove trake su bile debljine 30,0 cm. U polju II jedan deo je prethodno provlažen (šrafirani deo).

**T r a k a III (c)** je valjana samo valjkom pri čemu se materijal lepio za valjak i izdirao, tako da je efekat zbijanja bio vrlo slab.

**T r a k a III (d)** valjana je samo ježom.

**T r a k a VI (e)** valjana je samo valjkom, a polje VI (f) samo ježom.

Prilikom valjanja uzimani su cilindrični uzorci visine  $H = 9,0$  cm, prečnika  $D = 3,6$  cm i za svaki uzorak određena je zapreminska težina u prirodnom stanju vlažnosti ( $\gamma$ ), zapreminska težina u suvom stanju ( $\gamma_d$ ), sadržina vode (w) i čvrstoća na jednoaksijalnu kompresiju ( $q_u$ ).

Po završenim opitima celo polje je prevaljano glatkim valjkom sa 16 prelaza i predviđeno je da se na ovako izrađeno polje direktno postave koloseci, da bi se na taj način dobio opit u razmeri 1 : 1.

Krajnji cilj ovih opita je da se utvrdi mogućnost poboljšanja nosivosti podloge na etažama i ispita, koliko ovo povećanje zbijenosti podloge utiče na njegovo povećanje nosivosti, kao i da se utvrdi kojom najvećom vlažnošću je moguće zbijati tlo u etažama. Na taj način bi se utvrdila veza izme-

du nosivosti tla i specifičnog pritiska pravoga transportnih i bagerskih koloseka.

### Rezultati prethodnog laboratorijskog ispitivanja peskovite ilovače

Na osnovu dobijenog granulometrijskog dijagrama (sl. 2) dolazimo do zaključka, da ovaj materijal ne sadrži u sebi frakcije šljunka ( $d_{max} = 2,0$  mm), a da se procenat glinovite frakcije ( $d < 0,002$  mm) kreće oko 9%. Na osnovu trouglog dijagrama američkog biroa za zemljišta ovo tlo se klasificuje kao ilovača.

Pokazatelji konsistencije ovog tla imaju sledeće vrednosti:

|                      |               |
|----------------------|---------------|
| granica tečenja      | $w_L = 49\%$  |
| granica valjanja     | $w_p = 21\%$  |
| indeks plastičnosti  | $I_p = 28\%$  |
| indeks konsistencije | $I_c = 1,05$  |
| indeks tečenja       | $I_L = -0,05$ |

Na osnovu vrednosti  $w_L$  i  $I_p$ , izvršena je klasifikacija tla u pogledu njegovih plastičnih osobina, te se ovo tlo klasificuje kao posna glina srednje plastičnosti (CI). U pogledu svoje prirodne konsistencije u trenutku izvođenja radova, možemo zaključiti iz vrednosti  $I_c$  i  $I_L$ , da se ovo tlo nalazi na granici između stanja tvrde plastičnosti i polučvrstog stanja.

Prirodna sadržina vode u trenutku ispitivanja se kreće između 16,9 — 19,5%. Zapreminska težina u prirodnom stanju vlažnosti je oko  $\gamma = 1,93$  t/m<sup>3</sup>, a u suvom stanju od  $\gamma_d = 1,65 — 1,73$  t/m<sup>3</sup>.

Ovo ukazuje na relativno malu vlažnost tla i srednju zbijenost u etažama.

Međutim, na samom probnom polju mjestimčno je utvrđena i veća vlažnost (do 25%) i manja zbijenost do  $\gamma_d = 1,45$  t/m<sup>3</sup>.

Standardnim Proktor-ovim opitom dobivena je maksimalna zapreminska težina  $\gamma_{max} = 1,75$  t/m<sup>3</sup>, a postiže se pri optimalnoj vlažnosti od  $w_{opt} = 16\%$  (sl. 3).

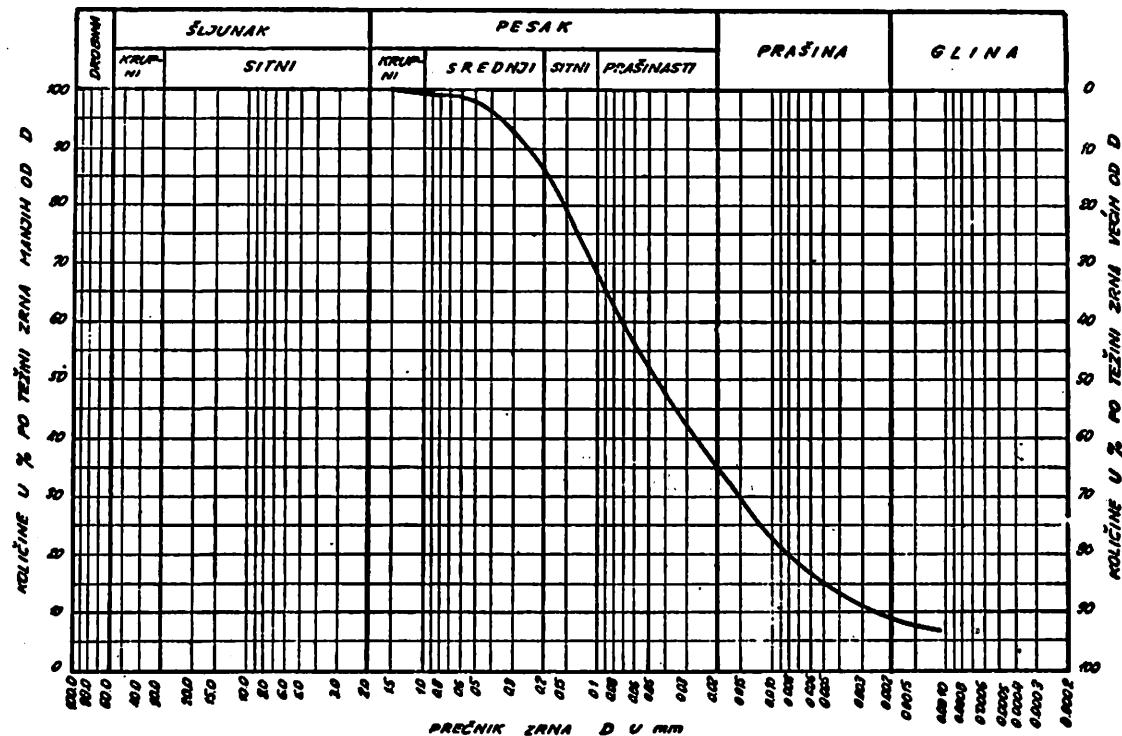
Cvrstoća smicanja određena je na neporemećenom uzorku i na prerađenom uzorku zbijenom po Proktor-u.

Standardnim opitom direktnog smicanja u prisustvu vode dobijene su sledeće vrednosti ugla unutrašnjeg trenja  $\varphi^o$  i kohezije  $c$  ispitivanog uzorka (tablica 1).

Stišljivost je određena na neporemećenom uzorku opterećivanjem uzorka u edometru pod  $\sigma = 1,0; 2,0$  i  $4,0 \text{ kg/cm}^2$ , uz konsolidaciju za svaki stepen opterećenja.

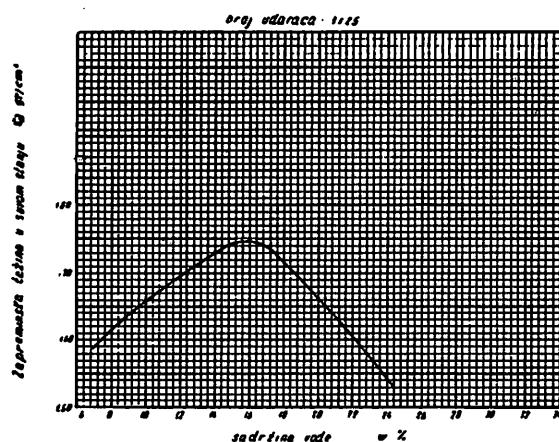
Na osnovu rezultata opita izrađeni su:

- dijagram relativne kompresije
- dijagram promene modula stišljivosti.



Sl. 2 — Dijagram granulometrijskog sastava.

Abb. 2 — Diagramm des granulometrischen Bestandes.



Sl. 3 — Dijagram optimalne vlažnosti po Proktor-u.

Abb. 3 — Diagramm der optimalen Feuchtigkeit nach Proctor.

Analizom ovih dijagrama dolazimo do zaključka, da je ispitano tlo pri  $\gamma_d = 1,65 \text{ t/m}^3$  pri prirodnoj vlažnosti od 16,9 — 19,5% srednje stišljivosti za opterećenje do  $3,0 \text{ kg/cm}^2$ .

Tablica 1

| Uzorak             | $\varphi^\circ$ | $c \text{ kg/cm}^2$ |
|--------------------|-----------------|---------------------|
| Neporemećen        | $21^\circ 50'$  | 0,12                |
| Zbijen po Proktoru | $21^\circ 05'$  | 0,16                |

## Nosivost tla

Nosivost tla određena je prema Terzaghi-u.

## Prirodno tlo

$$q_a = \frac{\frac{2}{3} \cdot 1,2 \cdot 12,6 + 0,5 \cdot 1,9 \cdot 0,3 \cdot 1,95}{2}$$

$$q_a = \frac{10,1 + 0,55}{2} = \frac{10,6}{2} = 5,3 \text{ t/m}^2 = 0,53 \text{ kg/cm}^2$$

usvajajući širinu praga  $B = 0,3 \text{ m}$ .

## Tlo zbijeno po Proktor-u

$$q_a = \frac{\frac{2}{3} \cdot 1,6 \cdot 12,4 + 0,5 \cdot 2,0 \cdot 0,3 \cdot 1,91}{2}$$

$$q_a = \frac{13,2 + 0,6}{2} = \frac{13,8}{2} = 6,9 \text{ t/m}^2 = 0,7 \text{ kg/cm}^2$$

## Rezultati ispitivanja na probnom polju

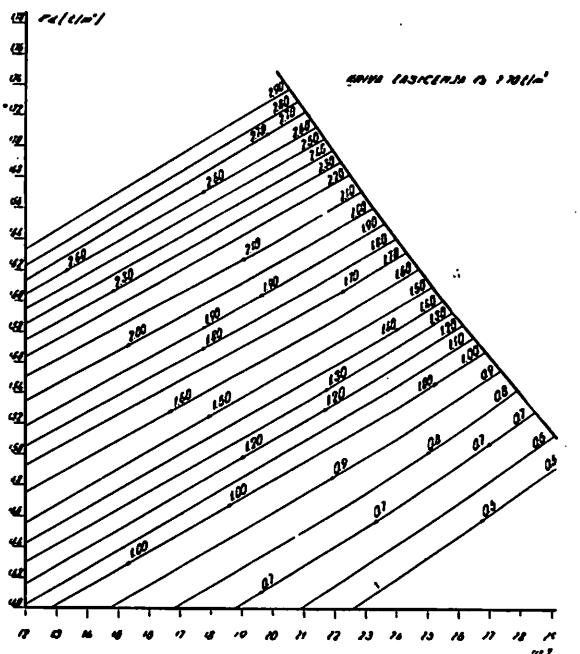
Prilikom probnog valjanja uzimani su neporemećeni cilindrični uzorci  $D = 3,6 \text{ cm}$ ;  $H = 9,0 \text{ cm}$  i za njih je određena zapreminska težina u suvom stanju ( $\gamma_d$ ), sadržina vode ( $w$ ) i čvrstoća na jednoaksijalnu kompresiju ( $q_u$ ), te je izrađen dijagram promene čvrstoće na jednoaksijalnu kompresiju u zavisnosti od promene zapreminske težine u suvom stanju ( $\gamma_d$ ) i sadržine vode  $w$  (sl. 4). U ovaj dijagram su zatim ucrtane krive dobijene prilikom zbijanja ježom (6, 9 i 12 prelaza) na sl. 5 i valjanja glatkim valjkom (6, 9 i 12 prelaza) na sl. 7, kao i kombinovanim valjanjem ježom i valjkom (12 prelaza ježom a 6, 9 i 12 prelaza valjkom) na sl. 7.

Interpretacijom ovih dijagrama može se zaključiti sledeće:

Pri valjanju ježom odnosi maksimalne zapreminske težine u suvom stanju, optimalne sadržine vode i broja prelaza ježa imaju zavisnost prikazanu u tablici 2.

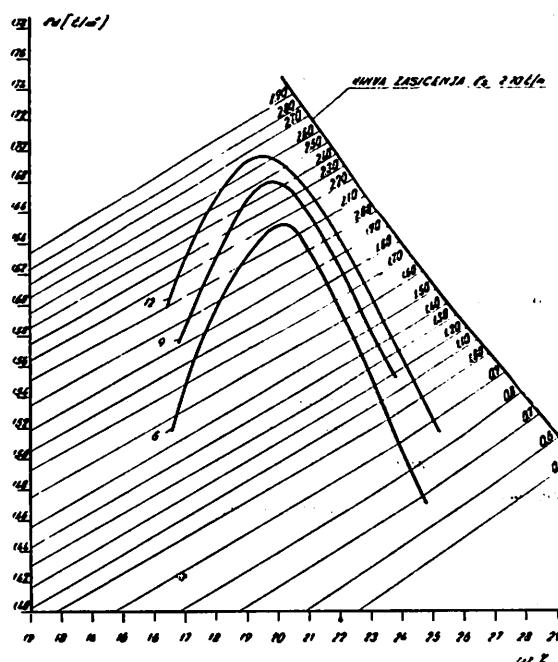
Tablica 2

| Broj prelaza ježa | $\max \gamma_d$<br>$\text{t/m}^3$ | $w_{opt.} \%$ |
|-------------------|-----------------------------------|---------------|
| 6                 | 1,62                              | 19,70         |
| 9                 | 1,645                             | 19,00         |
| 12                | 1,555                             | 20,00         |



Tablica 3

| Pre-lazi | J e ž     |           |                   | Valjak    |           |                   |
|----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-------------------|
|          | $q_{u_1}$ | $q_{u_2}$ | $q_{u_1}/q_{u_2}$ | $q_{u_1}$ | $q_{u_2}$ | $q_{u_1}/q_{u_2}$ |
| 6        | 1,60      | 2,00      | 0,8               | 1,95      | 2,17      | 0,9               |
| 9        | 1,85      | 2,30      | 0,8               | 2,19      | 2,48      | 0,9               |
| 12       | —         | —         | —                 | 2,45      | 2,75      | 0,9               |

Sl. 6 — Dijagram promene  $\gamma_d - Q_a$  u zavisnosti od broja prelazaka valjkom

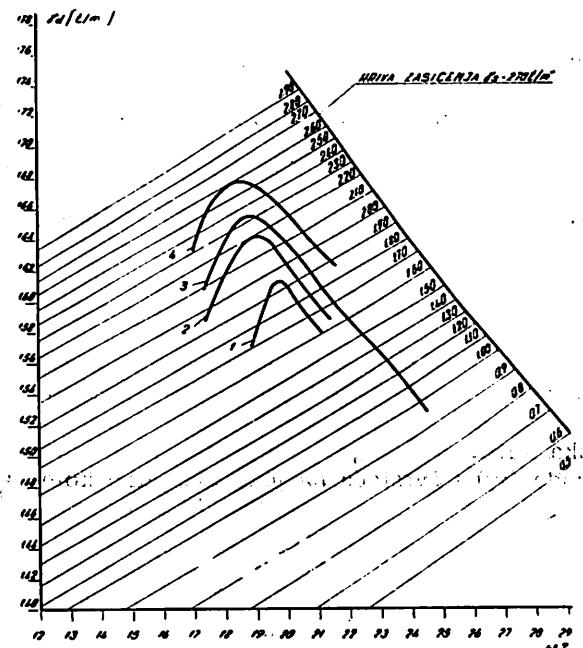
1 — 6 prelazaka valjkom; 2 — 9 prelazaka valjkom; 3 — 12 prelazaka valjkom.

Abb. 6 — Diagramm der Änderungen  $\gamma_d - Q_a$  in Abhängigkeit von der Zahl der Übergänge mit Glattmantelwalze.

$q_{u_1}$  — čvrstoća na jednoaksijalnu kompresiju uzorka sa koordinatama ( $\gamma_d - w_{opt}$ ) zasićenog vodom, pri čemu ostaje isto  $max. \gamma_d$ , a  $w_{opt}$  postaje  $w_{z_1}$  (sl. 5).

$q_{u_2}$  — čvrstoća na jednoaksijalnu kompresiju uzorka zbijenog do  $max. \gamma_d - w_{opt}$ , a zatim dovedenog promenom  $\gamma_d$  i sadržine vode pri zasićenju ( $w_{z_2}$ ), ali tako da pri zasićenju sadrži istu jednoaksijalnu čvrstoću koju je imao pri stanju  $\gamma_d$  i  $w_{opt}$  (sl. 5).

Na tablici 3 dati su odnosi  $q_{u_1}/q_{u_2}$  za slučaj valjanja ježom i valjkom.

Sl. 7 — Dijagram promene  $\gamma_d - Q_a$  u zavisnosti od broja kombinovanih prelazaka ježom i valjkom

1 — 12 prelazaka ježom i 6 prelazaka valjkom; 2 — 12 prelazaka ježom i 9 prelazaka valjkom; 3 — 12 prelazaka ježom i 12 prelazaka valjkom; 4 — 16 prelazaka ježom i 16 prelazaka valjkom.

Abb. 7 — Diagramm der Änderungen  $\gamma_d - Q_a$  in Abhängigkeit von der Zahl der kombinierten Übergänge — Stachel- und Glattmantelwalze.

Iz tablice 3. vidimo da je odnos  $q_{u_1}/q_{u_2}$  konstantan za data oruđa i dat specifični prisik po bodlji ježa odnosno težini valjka, a to znači da možemo nacrtati krivu koja povezuje sve maksimume za tačne brojeve prelaza raznih vrsta oruđa (sl. 5 — krive  $max. \gamma_d$ ).

Nosivost tla pri  $\max \gamma_d - w_{opt}$  može se izračunati prema obrascu Terzaghi-a:

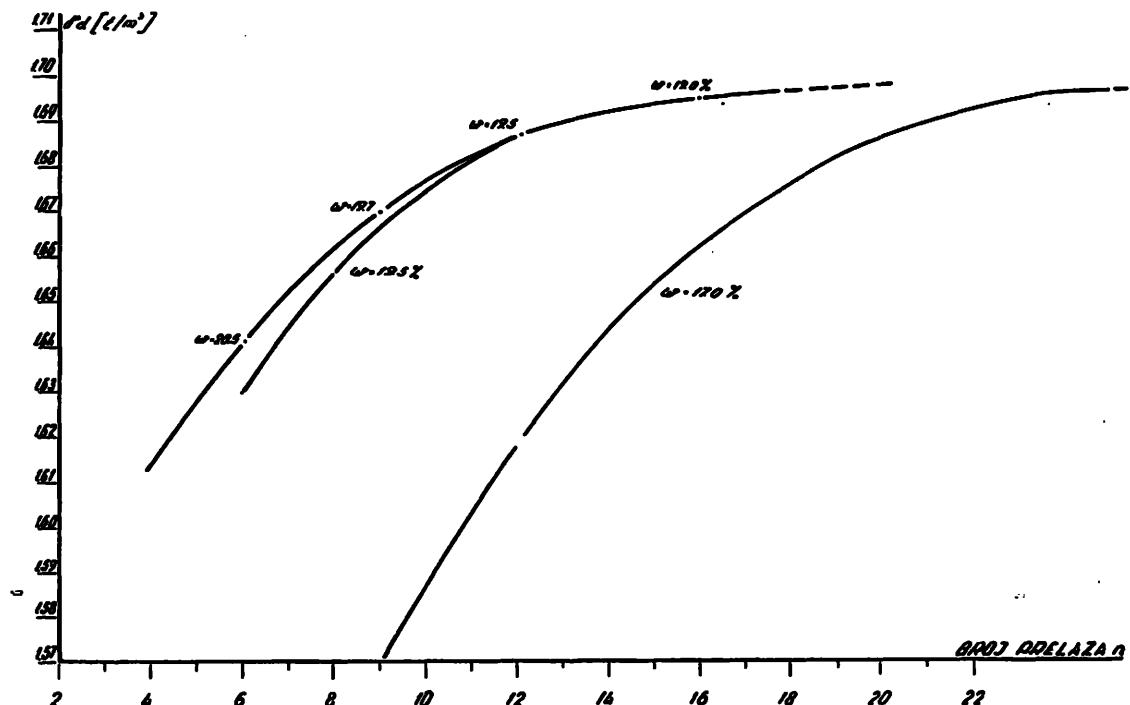
$$q_f = 1,3 \cdot \frac{2}{3} \cdot 5,7 \cdot q_u/2 = 2,47 q_u$$

U našem slučaju za zbijanje ježom sa 6 prelaza dobija se  $\max \gamma_d = 1,62 \text{ t/m}^3$ , a dozvoljeno opterećenje pri zasićenju,  $q_a = 1,32 \text{ kg/cm}^2$ , za 9 prelaza i  $\max \gamma_d = 1,645 \text{ t/m}^3$  i  $q_a = 1,57 \text{ kg/cm}^2$ .

Iz toga zaključujemo da zbijenost i nosivost raste sa povećanjem broja prelaza ježa.

Za slučaj dinamičkog opterećenja  $q_a$  bi se smanjilo na  $q_{ad} = q_a/1,5 = 1,33 \text{ kg/cm}^2$ , tj. zbijeno tlo moglo bi podneti saobraćajno opterećenje pri transportu materijala, odnosno opterećenje od bagera  $\sigma = 1,33 \text{ kg/cm}^2$ .

Valjanjem valjkom dobijeni su potpuni rezultati, jer je cela površina stvarno pređena odgovarajućim brojem prelaska. Na sl. 8. dat je dijagram promene zapreminske težine  $\gamma_d$  u zavisnosti od broja prelaska i sadržine vode. Da bi se postiglo  $\gamma_d$  veće



Sl. 8 — Dijagram promene zapreminske težine  $\gamma_d$  u zavisnosti od broja prelaza i sadržine vode.

Abb. 8 — Diagramm der Änderungen des Volumengewichtes  $\gamma_d$  in Abhängigkeit von der Überwalzungszahl und Wassergehalt.

Stoga se preporučuje da minimalan broj prelaza ježa bude 16—20. Međutim, za ovaku vrstu tla i datu prirodnu vlažnost tla pri zbijanju, specifični pritisak ovog ježa je mali, jer je bio prazan. Stoga je potrebno da se ovaj napuni (baritom ili olovom), tako da bi se postigao specifični pritisak od oko  $20,0 \text{ kg/cm}^2$  po bodlji ježa. Tada možemo očekivati  $\max \gamma_d = 1,70 \text{ t/m}^3$ , što bi nam omogućilo dozvoljeno opterećenje pri zasićenju  $q_a = 2,0 \text{ kg/cm}^2$  za mirno opterećenje.

od  $1,70 \text{ t/m}^3$ , potrebno je izvršiti minimum 16 prelaska valjkom, pri čemu vlažnost tla treba da se kreće oko 19%. Ovaj materijal je vrlo osetljiv na promenu vlage i za vlažnost od 17%, potrebna bi bila 22 prelaska da bi se postiglo gornje  $\gamma_d$ .

Međutim, valjanje valjkom ima tu nezgodnu osobinu, da zbijen vrlo tanak sloj tla, maksimum 10 cm iste zbijenosti, a dalje sa dubinom, ako je sloj deblji, zapreminska težina opada.

Kombinacija ovog lako ježa i valjka nije dala povoljne rezultate, jer se za skoro 2 puta veću energiju zbijanja dobila ukupno manja zbijenost.

Kada se bude prethodno valjalo težim ježom, onda će i naknadno valjanje glatkim valjkom imati svoj efekat, jer će se na taj način potpuno zatvoriti sve neravnine posle valjanja ježom. Ovaj način valjanja i ova uputstva važe jedino za slučaj, da se zbijanje vrši pri ovim vlažnostima, koje su u granici optimalnih vlažnosti.

Međutim, kada se vlažnost tla poveća, onda ćemo za datu određenu vlažnost morati naći odgovarajuću težinu ježa kojom će se optimalno moći zbijati tlo. Tako za vlažnost od 23% možemo postići maksimalno  $\gamma_d = 1,52 \text{ t/m}^3$  i to ježom specifičnog pritiska po bodlji:

$$p_0 = 2,47 \cdot 1,0 = 2,47 \sim 2,50 \text{ kg/cm}^2$$

Ovako laki jež ne postoji. Iz tog razloga valjanje tako raskvašenog tla se može jedino vršiti valjkom na gumenim točkovima, čiji specifični pritisak na tlo je ravan unutrašnjem pritisku u gumama, uvećan za koeficijent krutosti gume. Ako uzmemu speci-

fičan pritisak u gumama  $1,0 \text{ kg/cm}^2$ , onda je za ovaj slučaj koeficijent krutosti  $\psi = 0,6$  te će konstantni pritisak biti:

$$p = \frac{1,0}{1 - 0,6} = \frac{1,0}{0,4} = 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

Na taj način možemo menjanjem pritiska u gumama da postupno zbijemo i najvlažnije tlo.

Debljina sloja koji se nabija zavisi od pritiska u gumama, tako da se za pritisak od  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  traži debljina sloja  $d = 10,0 \text{ cm}$ ; za pritisak od  $2,0 \text{ kg/cm}^2$   $d = 15,0 \text{ cm}$ ; za pritisak od  $4,0 \text{ kg/cm}^2$   $d = 25,0 \text{ cm}$  a za pritisak od  $6,0 \text{ kg/cm}^2$   $d = 40,0 \text{ cm}$ . Težina gumenog valjka isto tako se mora obračunati u zavisnosti od modula krutosti gume u veličini deformacije gume i broja točkova.

Iz ovog izlaganja se vidi, da se probnim valjanjem po predloženoj metodi može naći veza između parametara nosivosti tla i specifičnog pritiska pragova na tlo, odnosno da se može zbijanjem tla poboljšati njegova nosivost i omogućiti rad bagera bez izrade zastora i drugih pomoćnih sredstava na planumu. Ova metoda u isto vreme određuje tip sredstva za nabijanje i broj prelaza za datu sadržinu vode tla koje se zbijaju.

## ZUSAMMENFASSUNG

### **Untersuchungen der Standfestigkeit der Eimerkettenbagger auf den Arbeitsstrossen vom Standpunkte der Tragfähigkeit des Grundbodens aus betrachtet**

Prof. ing. N. Najdanović — dr ing. R. Stojadinović — dipl. ing. R. Obradović\*)

Zwecks Untersuchung der Standfestigkeitsbedingungen der Unterlage für Eimerkettenbagger im Tagebau des Abbaufeldes »B« im Kohlenbecken »Kolubara«, wurden Untersuchungen im Gelände und Labor in Bezug auf die gewalzte Unterlage der Strosse mit Stachelwalzen und Glattmantelwalzen durchgeführt. Es wurden die Verhältnisse zwischen der Tragfähigkeit des Bodens und dem spez. Druck der Schwellen der Förder- und Baggergeleise festgestellt. Die Untersuchungen zeigten, dass durch ein Zusammenpressen der Bodenteilchen der Unterlage die Tragfähigkeit des Bodens verbessert werden kann und die Arbeit des Baggers ohne Ausarbeitung einer Befestigungsdecke und anderer Hilfsmittel auf dem Planum möglich ist.

Die ausgeführten Versuche ergaben auch, dass gleichzeitig der Typ der Geräte für die Verfestigung des Bodens und die Zahl der nötigen Überwalzungen bei gegebenem Wassergehalt der Unterlage, bestimmt werden können.

\*) Dipl. ing. Nikola Najdanović, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu  
Dr ing. Radoslav Stojadinović, docent Građevinskog fakulteta, Beograd.  
Dipl. ing. Radmilo Obradović, asistent Rudarskog instituta, Beograd.

## Automatizacija i njene mogućnosti u postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina

(sa 8 slika)

Dipl. ing. Aleksandar Stojšić

### Uvod

Tehnološka revolucija u kojoj se sada nalazimo i koja je u pojedinim zemljama na različitom stupnju, najvećim delom bazira na automatizaciji proizvodnih procesa. Primena automatizacije je na različitim nivoima u raznim granama industrije i možemo reći da se u procesima pripreme mineralnih sirovina nalazi tek u fazi razvijka. Dijazon primene automatizacije u ovoj industrijskoj disciplini je veoma velik, počev od skromnih pokušaja automatizacije jedne kratke faze procesa, radi kontrole uticaja jedne promenljive u postrojenjima koja se nalaze već duže vremena u radu, pa do novih objekata sa pokušajima kompletног automatskog upravljanja procesom uključivši primenu i elektronskih računara — »kompjutera«. Svakako da su postrojenja sa najjednostavnijim procesima otišla najdalje — neki objekti cementne industrije i neke se paracije uglja su kompletно automatizovane.

Investicije u opremu su u svim modernim postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina relativno visoke u odnosu na broj zaposlenih. Mehanizacija rada je sama po sebi doveo do toga da se najveći deo ljudskog rada zameni mašinom, te se u modernim postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina teško može sprovesti dalje drastično sniženje ljudske posade koja upravlja mašinama. Automatizacija omogućava da se

ljudsko upravljanje mašinom isključi ili svede na minimum, ali smanjenje radne snage je minimalno ili čak nikakvo, jer se ljudi koji su ranije upravljali radom mašina zamenjuju ljudima koji će održavati ne samo te mašine, već i instrumente i automate koji sada komanduju mašinama. Ušteda na radnoj snazi, kod modernih postrojenja, uvođenjem automatizacije je neznatna, jer se za održavanje angažuje kvalifikovanje osoblje. Zbog svega toga, automatizacija nalazi opravdanja u poboljšanju rada tehnološkog procesa kroz oslobođanje niza subjektivnosti ljudskog faktora, naročito u određivanju pojedinih veličina, te postizanju toliko efektivnijih rezultata, koji će na kraju doneti ekonomsku korist.

Pored već pomenutih, primena automatizacije postigla je veliki napredak u procesima sinterovanja, peletizacije i uopšte u industriji gvožđa. Što se tiče obojenih metala, u postrojenja za obogaćivanje njihovih ruda automatizacija se uvodi onom brzinom koju dozvoljava razvitak mernih uređaja za pojedine promenljive koje igraju ulogu u procesu. Treba reći da još uvek nije u potpunosti razjašnjena uloga ni međusobni odnosi pojedinih promenljivih, pa ni njihov uticaj na tehnološki proces. U mnogim fazama procesa još nije raščišćeno šta meriti i kontrolisati, a tek zatim dolazi pitanje kako meriti? Teorijski još nije utvrđen odnos pojedinih promenljivih i rezultata pro-

cesa tako da još uvek nije moguće konstruisati odgovarajuće matematičke modele koji bi doveli do konstrukcije odgovarajućih instrumentalnih ciklusa.

### Stepen automatizacije u procesima pripreme mineralnih sirovina

Pojam automatizacije se u oblasti pripreme mineralnih sirovina različito upotrebljava i to ne samo u pogledu stepena prime-ne, jer za sada je primena, sem u pojedinim izuzetnim slučajevima, još uvek delimična, već u pogledu samog kvaliteta. Pokušaćemo da napravimo izvesnu klasifikaciju onoga što danas srećemo po postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina i što se, često proizvoljno, naziva uopšteno »automatizacijom«.

#### Informativni ciklusi

Ovi ciklusi obično predstavljaju sistem signalizacije o radu pojedinih mašina ili pojedinih faza procesa, ili pak o situaciji u pojedinim delovima postrojenja. Signali mogu biti svetlosni, zvučni ili čak ekranizovani. Dakle, ne radi se ni o kakvoj »automatizaciji«, jer ovi sistemi ne mogu upravljati ni pojedinim mašinama ni procesom. Oni samo pružaju izvesna obaveštenja čoveku koji rukuje mašinama i procesom, i koji ne samo donosi određene odluke, već i manuelnim operacijama (bez obzira na stepen mehanizacije, recimo pritiskom na dugme) utiče na dalji rad. Signali se obično prenose električnom strujom i realizuju signalnim svetiljkama, koje su obično različite boje i koje mogu da označavaju: mašina je u radu, mašina u kvaru i dr. Zvučni signali su obično neki alarmni uređaji kao trube, zvona i slično. U zadnje vreme se sve češće primenjuje televizija. Televizijske kamere snimaju određene kritične tačke, te operator procesa dobija konstantnu vizuelnu informaciju o radu mašina u pojedinim objektima. Najčešće ovi informativni ciklusi imaju i zaštitnu ulogu, bilo za ljude bilo za mašine, pošto omogućuju blagovremene intervencije.

Informativni ciklusi mogu biti izvedeni u različitom stepenu, zavisno šta se od njih traži. U suštini oni mogu biti toliko razvijeni da ih od »pune automatizacije« razdvaja samo jedan korak, tj. onaj gde se dobijeni

informativni signal pretvara u izvršnu komandu određenog smera. Najjednostavniji informativni ciklusi su oni već pomenuti: da li je mašina u radu ili ne, zatim razni pokazivači nivoa u bunkerima, rezervoarima i dr. Savršeniji ciklusi su oni koji u svom sastavu imaju već i merne instrumente, te se izmerene količine u obliku informacije dostavljaju operatoru. Ovi ciklusi zavise od stepena razvijka pojedinih instrumenata. Najjednostavniji su oni koji obaveštavaju o temperaturi, pritisku, naponu, amperazi, a neki su veoma komplikovani, kao što je kontinualno analiziranje sadržaja pojedinih elemenata, merenje koncentracija nekih iona u pulpi itd.

Za informativne cikluse, koji sadrže instrumente za merenje pojedinih promenljivih, u zapadnim industrijskim zemljama se primenjuje izraz »instrumentacija«, za razliku od automatizacije. Često se čuje i izraz »automatsko merenje«, pogotovo za cikluse gde se informacija dostavlja kontinualno ne samo operatoru, već i registruje najčešće pomoću grafikona.

Za informativne cikluse, koji, ponavljamo, i ne mogu nositi termin »automatizacije«, karakteristično je da predstavljaju osnovu za sve ostale stepene i kvalitete automatizacije. Bilo koji od tipova ciklusa da je primenjen u pojedinom postrojenju, informativan ciklus je obavezан.

#### Daljinsko komandovanje

Daljinsko komandovanje i upravljanje postrojenjima predstavlja koncentraciju mlobrojnog operativnog ljudstva raspoređenog na određenim centralnim punktovima za pojedine faze procesa, a kod pojedinih postrojenja i samo na jednom mestu, odakle se vrši upravljanje celokupnim procesom. Neophodan uslov za daljinsko komandovanje je dobar informativni ciklus. Šta više, od kvaliteta informativnog ciklusa zavisiće i nivo daljinskog komandovanja. Za informativni ciklus koji obezbeđuje samo podatke o tome koji je bunker pun ili prazan, daljinskom komandom se može upravljati njihovim punjenjem ili pražnjenjem. Prosta operacija je i daljinsko puštanje u rad pojedinih mašina, kao, na primer, puštanje i zaustavljanje većeg broja flotacionih mašina sa jednog centralnog pulta. Ako, pak, informativni ciklus obezbeđuje podatak o sa-

držaju određenog korisnog elementa u javnosti, tada se daljinskim komandovanjem može izmeniti režim niza reagensa, ili drugih promenljivih kako bi se regulisao proces.

Svakako da ni ovde nije reč o »automatizaciji«, jer informativni signal i dalje prima čovek — operator, koji zatim donosi određene odluke i daljinskim komandovanjem upravlja procesom.

Ako posmatramo postrojenja u celini, možemo reći da se danas najčešće sreću instrumentacija i daljinsko komandovanje zajedno, u okviru onoga što nazivamo »visoko« ili potpuno »automatizovanim« postrojenjem. Tu je često kombinovana i parcijalna automatizacija o kojoj će još biti reči. Najnoviji primjeri ovakvih postrojenja u obojenoj metalurgiji su veliki koncentratori minerala bakra Anakonda u Bjutu, Montana i Mineral Park u Arizoni, oba u SAD.

#### Zaštitni ciklusi

I najjednostavniji ciklusi ovoga tipa već poseduju elemente automatizovanosti. Informativni ciklus, putem merenja, upozorava da u procesu predstoji neposredna opasnost za razne vrste neregularnosti. Ta se informacija predaje određenoj vrsti uređaja, često i regulatoru, koji u slučaju takvih poremećaja daje signal izvršnom mehanizmu koji zaustavlja mašinu ili deo procesa. Tek u daljem postupku sledi intervencija operatora: on konstatiše kako je došlo do poremećaja, otklanja njegove uzroke i zatim ponovo — manuelno — uključuje zaustavljenu mašinu ili deo procesa u rad. U normalnom radu redovno dejstvuje samo informativni ciklus, dok se automatsko zaustavljanje odigrava kada nastupe neregularnosti koje mogu imati negativne posledice. Najčešći vid ovih zaštitnih ciklusa su merenja temperature ležaja mlinova i zaustavljanje kod prelaska određene dozvoljene temperature, sistemi automatskog podmazivanja drobilica i mlinova i razne nepravilnosti u radu sistema za podmazivanje, ili pak njegovo otkazivanje — sve to automatski zaustavlja rad maštine matice.

Posebni vid zaštitnih ciklusa predstavljaju tzv. sistemi »zabravljanja« nekoliko mašina koje rade u neprekidnom procesu. U slučaju ispadanja jedne maštine iz neprekidnog procesa, može doći do velikih teško-

ća pa i havarija, ako se i druge maštine u tom procesu automatski ne isključe ili na drugi način ne obezbede. Najpoznatiji su sistemi zabravljanja u postrojenjima za drobljenje, koji su i u većini objekata u našoj zemlji uvedeni (pomenimo samo Majdanpek, Srebrenicu, Toranicu-Sase). Jednostavni primer je sledeći: ako imamo sistem dodavač rude iz bunkera — primarna drobilica — transportna traka br. 1 — vibraciono sito — sekundarna drobilica — transportna traka broj 2, pa ako na ovoj zadnjoj dođe do kvara, automatski se mora zaustaviti i transporter br. 1 i dodavač rude, kako ne bi došlo do zagušivanja drobilica pa i većeg kvara. U nekim postrojenjima se zauzjavaju i drobilice, ali se to ne preporučuje (zavisno od tipa), jer se neke od njih kasnije teško puštaju u rad pod opterećenjem, te je bolje ostaviti ih da rade »na prazno«, a u slučaju dužeg zastoja ih nadahnadno posebno zaustaviti. Sistem je tako podešen da se kod puštanja u rad mora prvo pustiti u rad transportna traka br. 2, pa zatim unazad od navedenog redosleda, tako da se zadnji uključuje dodavač koji dodaje rudu iz bunkera. Ni jedna mašina se ne može pustiti u rad ako one sledeće nisu već u radu u »praznom hodu«. Čim jedna mašina stane, staju sve maštine koje joj u procesu prethode; maštine su znači »zabravljenе«.

Jedan vid zabravljanja, odnosno primene zaštitnih ciklusa je i automatsko uključivanje jedne rezervne maštine, ako radna otkaže. Ovo je najčešći slučaj kod pumpi. Primer bi takođe bio i automatsko uključivanje u rad dizel generatora u slučaju nestanka struje. Ovi generatori se obično dimenziionišu tako da mogu snabdevati samo one maštine koje zahtevaju neprekidan rad, tj. čije zaustavljanje pod opterećenjem može imati posledica (npr. zgušnjivači).

#### Parcijalna automatizacija

Ovo je danas svakako najrašireniji vid automatizacije u postrojenjima za pripremu mineralnih sirovina. Gotovo nema postrojenja za pripremu mineralnih sirovina u kojima parcijalna automatizacija nije primenjena u većoj ili manjoj meri.

Pod parcijalnom automatizacijom podrazumevamo automatski rad jedne maštine, ili čak faze procesa, ali u odnosu na reguli-

sanje samog procesa, a ne mehaničkog rada mašine, što je opisano kao zaštitni ciklus. Pod parcijalnom automatizacijom podrazumevamo npr. konstantno održavanje vrednosti jedne promenljive, onako kako smo zamislili da najbolje odgovara procesu, kao i automatsko regulisanje promene vrednosti neke promenljive kako zahteva sam tok procesa. Ovde poznavanje suštine procesa već igra odlučujuću ulogu i neophodno je postaviti izvestan matematički model u obliku matematičke korelacije između promenljivih.

Svakako da i parcijalnoj automatizaciji prethodi informativni ciklus, odnosno instrumentacija, koja mora biti — za fazu procesa koju želimo da regulišemo — potpuna. Instrumentima merimo veličine zavisno od promenljivih vrednosti neke funkcije. Zavisno promenljiva vrednost često može biti istovremeno i izlazna promenljiva, tj. ona veličina koju želimo da imamo u procesu. Na osnovu te zavisno promenljive veličine automatski se vrši regulacija ulazne promenljive — one koja utiče na promenu zavisne, odnosno izlazne promenljive. Ma da će se kasnije nabrojati više primera parcijalne automatizacije, ipak ćemo ovde navesti neke od njih. Ako želimo da automatski regulišemo, odnosno održavamo konstantnom tonažu rude koja ulazi u proces, zavisna promenljiva je sama težina, koju merimo automatskom vagom i koju kao izlaznu promenljivu želimo, dok njenu regulaciju vršimo recimo promenom amplitudе ili frekvencе vibracionog dodavača ispod bunkera za rudu. Amplituda ili frekvencija su nezavisno promenljive, tako da bi funkcija u opštem obliku izgledala  $T = f(L)$ , gde je  $T$  tonaža a  $L$  amplituda hoda dodavača. Međutim, u slučaju automatskog rada ovog sistema zavisnost je obostrana, pošto se amplituda automatski menjaju u zavisnosti od odstupanja trenutno izmerene tonaže u odnosu na zadatu:  $L = f(T - T')$ . Zbog toga je u teoriji kontrole u procesima pripremanja teško definisati isključive »zavisne« i »nezavisne« promenljive, već uvodimo praktičnije termine kao što su »ulazna«, »izlazna« i »merena« promenljiva.

Cesto se odnos ulazne i izlazne promenljive određuje merenjem veličine neke treće promenljive, koju sada nazivamo »merenom«. Kao primer navodimo da se često krupnoća mlevenja određuje gustinom preli-

va klasifikatora, koja se može meriti i automatski delovati na dodavanje vode u proces. Ovde postavljamo odnos gustina preliva — količina vode i regulišemo proces u tom smislu, operišući sa tim promenljivima, dok u stvari posredno kontrolišemo kružnu šaru i režim mlevenja uopšte, a time granulometrijski sastav proizvoda mlevenja. U ovom slučaju granulometrijski sastav bi bila izlazna promenljiva, količine rude i vode koje ulaze u proces ulazne promenljive, a gustina preliva klasifikatora merena promenljiva. Moramo da napomenemo da se u zadnje vreme isprobavaju sistemi za kontinualno merenje izlazne promenljive, tj. da granulometrijski sastav postaje u isto vreme i izlazna i merena promenljiva.

Cilj parcijalne automatizacije je da se postigne takav kvalitet proizvoda jedne faze procesa kakav je najpogodniji za sledeću fazu. Mi smo naveli primere koji su u širokoj primeni u procesima mlevenja, polazeći od jedne ili dve ulazne promenljive, dok je njihov broj svakako veći. Kod jednostavnih sistema, mnoge ulazne promenljive se zanemaruju, a što ih više uzimamo u obzir to su sistemi komplikovaniji. Većinu tih ulaznih promenljivih možemo, automatski ili ručno, dakle svojom voljom, menjati (količina rude, gustina pulpe i dr.), ali postoje promenljive koje su normalno potpuno nezavisne od naših mogućnosti, a koje su ipak bitne za proces. Te promenljive su, uglavnom, razne fizičko-hemijske strukturne osobine same rude koju tretiramo. Opet ćemo kao primer navesti ciklus mlevenja: iako održavamo ulaznu tonažu konstantnom, nećemo dobiti konstantnu granulometriju, jer će u slučaju »mekše« rude od »normalne« doći do stvaranja viška sitnih klasa, a u slučaju »tvrde« rude do nedovoljnog mlevenja. Do ovakvih oscilacija dolazi uvek i pored najboljeg prethodnog mešanja. Ako ne možemo uticati da se ova promenljiva menja tako da je održavamo konstantnom, možemo menjati ostale ulazne promenljive tako da režim rada — proces u mašini — ipak ostaje stabilan. Tako će u pomenutom ciklusu mlin — klasifikator nove merene promenljive biti recimo opterećenje motora mлина ili frekvenciјa, odnosno visina zvuka buke koju čini mlin sa kuglama i ta informacija će delovati korektivno na ostale ulazne promenljive, kao na primer na sistem

automatska vaga — vibracioni dodavač koji reguliše tonažu rude koja ulazi u mlin. Dejtalnije će ceo sistem biti opisan kasnije.

### Potpuna automatizacija

Kako vidimo, parcijalnom automatizacijom regulišemo konstantni optimalni rad jedne faze procesa ili, pak, samo jedne mašine, tako da sledeća faza radi po nekom unapred utvrđenom režimu jedne izlazne promenljive. Tako će se, na primer, flotiranje obavljati pri konstantnom granulometrijskom sastavu — kod dobrog funkcionišanja sistema automatizacije mlevenja. Tu veličinu izlazne promenljive iz faze mlevenja treba unapred odrediti laboratorijskim ili industrijskim putem kao optimalnu za dalji proces. Međutim, to je ipak neka statistička veličina. S obzirom na fizičko-hemiske strukturne osobine rude, režim flotacije bi u pojedinim slučajevima bio povoljniji pri drugim granulometrijama. Kako osobine rude ne možemo da menjamo, znači moramo menjati celokupan režim mlevenja, odnosno granulometriju ulaza u krug flotiranja, kako bi režim flotiranja bio uvek optimalan. Na ovom primeru se vidi da je celokupno postrojenje za pripremu mineralnih sirovina tehnološki kompaktno, počev od drobljenja pa do filtracije, te da su sve promenljive, koje se javljaju u svim fazama procesa, od manjeg ili većeg značaja za sam proces.

Pod potpunom automatizacijom podrazumevamo proces kod koga su sve promenljive međusobno zavisne i kod koga izmena veličine jedne promenljive automatski utiče na izmenu veličina svih drugih promenljivih. Može se reći da je opremanje postrojenja za pripremanje potpunom automatizacijom još na nivou pokušaja. (Ono što se sada u praksi naziva »potpuno automatizovanim postrojenjem« najčešće je »potpuno instrumentirano postrojenje«.) Ovde nije toliko u pitanju pronalaženje ili konstrukcija nekog centralnog mehanizma, u koji bi stizale sve informacije i od koga bi polazile određene komande izvršnim mehanizmima na raznim tačkama procesa. Konstruisani elektronski računari — kompjuteri, ili popularno »elektronski mozgovi« su takvih kapaciteta memorije i mogućnosti, da čak prelaze potrebe jednog postrojenja za pripremu mineralnih sirovina, pa se čak i

pominju konačne cifre reda veličina stotine hiljada dolara kao cene jednog elektronskog računara sposobnog za upravljanje jednom flotacijom bakra veličine Majdanpeka. Ono što još uvek sprečava da primena ovih metoda izđe iz faze pokušaja i eksperimenta je zaostajanje poznavanja samog procesa u takvoj obimu da je još uvek teško formirati matematičke modele i precizirati funkcije koje bi izrazile međusobnu zavisnost promenljivih i na osnovu kojih bi se izradio program za računsku mašinu.

Međutim, sve veći napredak i usavršavanje parcijalne automatizacije, kao i sve šira primena statističkih metoda i metoda operacionog istraživanja uz svakodnevno produbljivanje teorijskih znanja o procesima koji se odigravaju pri pripremi mineralnih sirovina, nesumnjivo je garancija da u veoma skoroj budućnosti neće biti tehničkih ni tehnoloških prepreka za primenu potpune automatizacije, ili »kompjuterizacije« procesa. U veoma skoroj budućnosti će uvođenje potpune automatizacije zavisiti isključivo od ekonomskog momenta.

### Neki elementi kontrole u procesu pripremanja i koncentracije

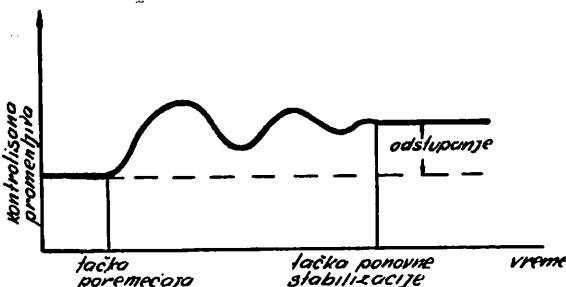
Tehnološki procesi pripreme mineralnih sirovina imaju posebne karakteristike u odnosu na automatizaciju. Jedna od najizrazitijih je vremenski interval zakašnjivanja. To je zakašnjivanje, odnosno vremenski interval koji protekne od promene ulazne promenljive do odgovora izlazne promenljive. Ovaj vremenski interval se sastoji iz dva elemenata, zakašnjivanja unutar samog procesa i zakašnjivanja usled fizičkih rastojanja i otpora. Ako se, recimo, poveća količina reagensa regulatora sredine koji se dodaje u proces, neće odmah doći do porasta vrednosti pH, već će ona nastupiti posle izvesnog vremena. Distanciono zakašnjivanje ilustrujemo primjerom protoka pulpe kroz kondicioner. Ako se u kondicioner doda izvestan reagens, i ako se pulpa u njemu zadrži 5 minuta, a merenje koncentracije toga reagensa vršimo na zadnjoj celiji flotacione mašine kroz koju pulpa ide 8 minuta, ukupno distanciono zakašnjivanje će iznositi 13 minuta. Uopšte, vremenski intervali u kojima dolazi do reakcija u pojedinim procesima pripremanja veoma variraju i kreću se od nekoliko mi-

nuta do nekoliko časova. Pre projektovanja bilo kakvog sistema automatske regulacije, potrebno je detaljno ispitati i utvrditi takve vremenske intervale zakašnjenja u procesu, kao i brzinu kretanja mase kroz proces, radi određivanja distacionog zakašnjenja. Ako se projektuje automatizacija postrojenja, koje u celini treba tek da se gradi, onda je prilikom usvajanja tehnološke šeme neophodno voditi računa o tome da se brze i nagle promene bar nekih bitnijih promenljivih što je moguće više ublaže, kako bi se izbegle oscilacije i proces odvijao u stabilnom stanju i prelazio iz jednog stabilnog stanja u drugi (steady state) bez većih poremećaja. Ovo se, pogotovu, odnosi na obezbeđenje što konstantnije tonaže uz konstantnu gustinu, što obezbeđuje konstantnu masu protoka, tako da — od značajnijih promenljivih — ostaje da se vodi računa o promenama u vezi sa karakteristikama rude. Ako se radi o već postojećem postrojenju, onda njegovu šemu treba prilagoditi izloženom.

Isto tako treba voditi računa o zakašnjima koja nastaju iz samih konstrukcionih karakteristika aparature: kojom se brzinom izmereni — informativni signal prenosi i transformiše u izvršnu komandu? To umnogom zavisi od načina, odnosno principa na kome radi kontrolni uređaj, kao i tipa uređaja koji najčešće predstavljaju kombinacije četiri osnovne: pneumatskog, hidrauličnog, električnog i elektronskog.

### Kontrolni sistemi

Nećemo detaljno govoriti o teoriji kontrole niti o vrstama kontrolera u odnosu na nju. Nabroјaćemo samo neke oblike kon-



Sl. 1 — Odstupanje novog stabilnog stanja kod proporcionalne kontrole (Lajoy, 1963).

Fig. 1 — Offset of a new steady state with proportional control (Lajoy, 1963).

trole po principu dejstva koji se najčešće sreću u automatizovanim sistemima; to su:

— dvopozicionala ili »on-off« kontrola kod koje promenljiva veličina može da se menja između dva unapred zadana nivoa. Najčešći primer ovog oblika je kod kontrole punjenja bunkera rudom: kada nivo rude dođe do repera koji označava prepunjeno, automatski se zaustavlja dodavanje rude, a kada nivo padne do određenog nižeg repera, punjenje ponovo počinje;

— proporcionalni sistemi kod kojih postoji linearna zavisnost između ulazne i izlazne promenljive. Kontroleri po ovom principu su veoma česti. Za ovaj sistem kontrole je karakteristično da se stabilno stanje postiže na nivou koji se nešto razlikuje od zadanog (pre poremećaja), te se prilikom određivanja zadanog nivoa mora o tome voditi računa;

— pokretni sistemi kontrole su oni kod kojih postoji određena veza između promene merene promenljive i brzine kojom se menja ulazna promenljiva ili obrnuto. Ova brzina kojom se menja ulazna promenljiva, može da bude konstantna ili, pak, različita. Ovde je korekcija proporcionalna integralu vremena promene merene promenljive. Ovakvi sistemi se često nazivaju regulatori sa integralnim delovanjem;

— sistemi sa derivativnim delovanjem su oni koji su osjetljivi na stepen devijacije merene promenljive. Ovi sistemi se nalaze isključivo u kombinacijama sa drugima.

Izloženi sistemi se najčešće upotrebljavaju kombinovano, tako da jedan koriguje dejstvo drugoga. Tako, kombinovanjem proporcionalnih i integralnih sistema, postižemo da nam se stabilno stanje posle poremećaja ostvaruje na zadanom nivou, tj. onom koji je postojao pre poremećaja, a dodatkom derivativnog elementa skraćujemo vreme potrebno za ponovnu stabilizaciju. Sistemi sadrže i elemente koji veličinu merene promenljive tako reguliše da odgovara regulatoru (»feedback»).

Pored mernog člana i izvršnog mehanizma, kontrolni sistemi sadrže obavezno i pretvarače koji signal za izmerenu veličinu prevode u drugi tip, koji je lakši za prenos i bolje odgovara za davanje komande izvršnom mehanizmu (elektrika — pneumatička). Takođe se u sistem uključuju razna pojačala, registratori i indikatori, čiju su-

štinu i ulogu nećemo ovde opisivati, jer prelaze obim ovoga izlaganja.

Važno je pomenuti da su kontrolni sistemi sami po sebi toliko usavršeni i univerzalni, da sa te strane nema nikakvih teškoća za uvođenje automatizacije u procese pripreme mineralnih sirovina. I elementarni pretvarači su tako razvijeni, da se svaki izmereni signal može uključiti u sistem. Ono što ostaje bitno za proces pripreme mineralnih sirovina, to je dalje razvijanje instrumenata za merenja na osnovu boljeg i dubljeg poznavanja promenljivih koje treba meriti. Nažalost, u tom pogledu još uvek znatno zaostajemo i to je glavni zajednički zadatak stručnjaka iz oblasti pripreme mineralnih sirovina i oblasti kontrole i automatizacije. Zadnjih godina je ipak postignut značajan napredak. Tako je, na primer, rešen problem kontinualnog analiziranja sadržaja metala u pulpi i to na više načina: fluorescencijom  $\gamma$ -zraka, difrakcijom  $\gamma$ -zraka, absorpcijom  $\gamma$ -zraka i neutronskom aktivacijom. Razrađeni su uredaji za kontinualno merenje koncentracije pojedinih jona u pulpi (čime se može regulisati dodavanje tih jona) i kontinualna titracija radi utvrđivanja pH pulpe. Na putu je rešenje jednog od ključnih problema — kontinualno merenje granulometrijskog sastava pulpe. Po jednoj metodi, brojanjem protoka čestica izvesne krupnoće, može se, na osnovu poznavanja granulometrijske distribucije, zaključiti o sadržaju određene klase krupnoće u pulpi. Još više obećava kontinualni analizer sistema Dage, koji takođe vrši statistički obračun pojedinih klasa krupnoće, pošto se siluetna slika individualnih čestica razređenog uzorka pulpe projektuje u optički ciklus preko televizijskih cevi.

Osnovni preduslov za automatizaciju postrojenja je svakako njegovo potpuno poznavanje i ustanavljanje određenih odnosa između promenljivih. Potpunu automatizaciju nećemo razmatrati pošto su njene mogućnosti još uvek u fazi isprobavanja, već samo parcijalnu automatizaciju, zbog čega je potrebno svaku procesnu jedinicu posebno ispitati, po mogućnosti faktorijalnim blokovima eksperimenata, gde će svaka promenljiva biti tretirana na najmanje dva nivoa. Treba primeniti analize varijanse ili druge statističke metode radi utvrđivanja koje promenljive su pod uslovima eksperimenta

beznačajne. Posebno dobro treba proučiti reagensni režim. Ako automatizaciju procesa mlevenja uvodimo na bazi visine ili frekvence zvuka mline, onda treba eliminisati uticaj buke od drugih mašina (mlinova), meriti zvuk mline sa kuglama bez ruda i zvuk mline toliko opterećenog da daje optimalno mlevenje itd.

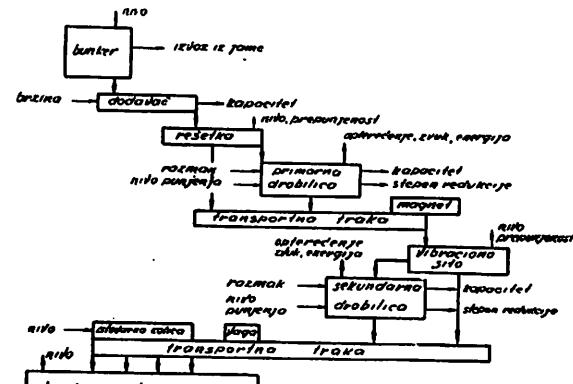
U svakom slučaju najbolje je u postojeća postrojenja parcijalnu automatizaciju uvesti postupno: fazu po fazu procesa, i to počev od jednostavnijih ciklusa prema komplikovanim. Najbolje je prethodno uvesti kompletan informativni ciklus tj. izvršiti instrumentizaciju postrojenja, te nakon perioda opažanja merenih vrednosti uključivati sisteme kontrole sa izvršnim mehanizmima.

#### Primer automatizacije jednog postrojenja za koncentraciju olovo-cinkove rude

Kao ilustraciju mogućnosti koje pruža današnji nivo instrumentacije i automatizacije, opisacemo jedno zamišljeno postrojenje za tretiranje olovo-cinkove rude sa veoma poznatom šemom tehnološkog procesa koja je sastavljena iz dvostadijalnog drobljenja, dvostepenog mlevenja, selektivnog flotiranja po Sheridan-Griswold metodi i odvodnjavanja dobijenih koncentrata zgušnjavanjem i filtracijom.

#### Odeljenje drobljenja

Ruda se iz bunkera izvlači pomoću pločastog dodavača promenljive brzine, te nakon prelaska preko rešetke odlazi u pri-



Sl. 2 — Neke ulazne, izlazne i merene promenljive u fazi drobljenja.

Fig. 2 — Some input, output and measured variables in crushing.

marnu drobilicu snabdevenu hidrauličnim uređajem za podešavanje otvora pražnjenja. Izdrobljena ruda se transportnom trakom, koja umesto pogonskog bubnja ima elektromagnet, dodaje na vibraciono sito sa koga krupna klasa odlazi u sekundarnu drobilicu sa hidro-mehanizmom za podešavanje otvora pražnjenja na sekundarno drobljenje. Sekundarno izdrobljena ruda sa podrešetnim proizvodom sita se preko automatske vase prenosi transportnom trakom do sistema bunkera u koji se prazni pomoću istovarnih kolica.

U prihvati bunker možemo staviti fotoćeliju ili sondu, dodirnu ili »približavajućeg« tipa, koja konstatiše kada je bunker pun te pali crveni semafor koji zabranjuje istovar rude u bunker. Ovo je ciklus informativno-zaštitnog tipa.

Za ceo sistem drobljenja prepostavljamo da je zabravljen na način koji smo ranije opisali, s tim da početnu tačku predstavlja elektromagnet. Kada on otkaže, automatski se zaustavlja ceo proces drobljenja, izuzev eventualno drobilica, a takođe se pogon drobljenja u celini može pustiti u rad tek kada je magnet uključen. Dalji redosled je već ranije spomenut. Obe drobilice su takođe snabdevene sistemima za automatsko podmazivanje, čiji poremećaj dovodi do automatskog zaustavljanja njihovog rada. Ovi sistemi imaju obično po dva filtera i po dve uljne pumpe (po jedno u rezervi), tako da kod kvara ovih elemenata još uvek postoji mogućnost rada, jer se automatski uključuje u rad rezerva. I druge operacije u sistemu podmazivanja su automatizovane — grejači ulja se uključuju kod pada temperature ispod određenog nivoa, pritisak treba da je u određenim granicama itd. Sistemi zabravljivanja, kao i sistemi automatskog podmazivanja su zaštitni ciklusi i još uvek nemaju direktnе veze sa procesom.

Kod operacije drobljenja želimo da dobijemo konstantan granulometrijski sastav pri što konstantnijoj optimalnoj tonazi. To možemo da postignemo na sledeći način: otvor pražnjenja sekundarne drobilice postavljamo na veličinu koja odgovara željenoj krupnoći. Otvor pražnjenja primarne drobilice se postavlja tako, da pri tom stepenu redukcije sekundarna drobilica, sa prosečnom rudom postiže željeni kapacitet, pri čemu se pazi da primarna drobilica ne radi opterećena, već da radi u režimu ispod svog

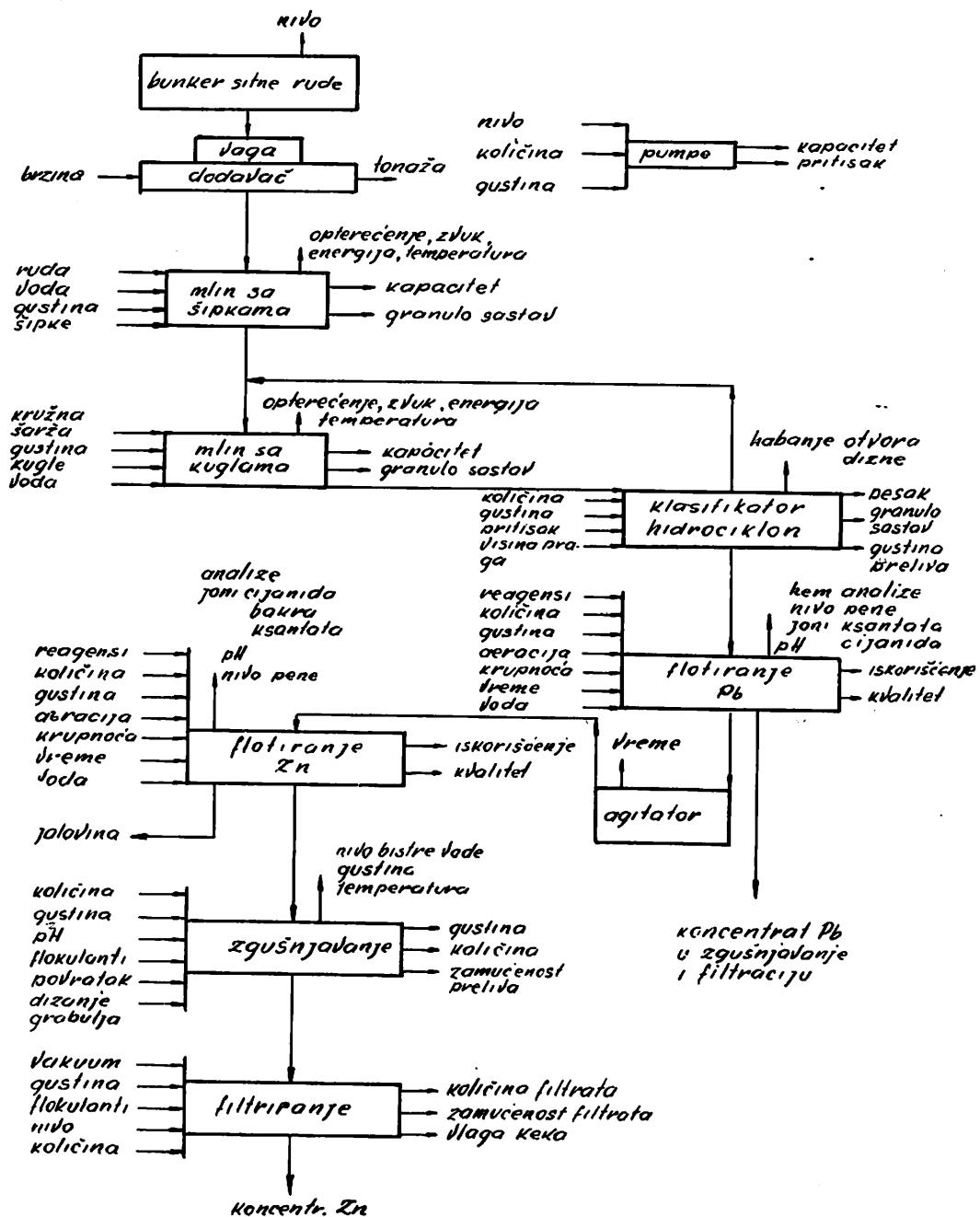
kapaciteta. Ovo je potrebno zbog toga što kad dođe do drobljenja tvrde rude, primarna drobilica smanji svoj otvor pražnjenja, tako da sekundarna drobilica, radeći pri manjem stepenu redukcije, održava isti kapacitet kod konstantnog otvora pražnjenja, a primarna drobilica, zbog rezerve u kapacitetu, savlađuje za nju povećan stepen redukcije sa povećanim opterećenjem. Impuls za smanjenje otvora pražnjenja primarne drobilice može doći sa više mesta: od vase sa transportne trake iza sekundarne drobilice, kada ova registruje opadanje kapaciteta (veliko distanciono zakašnjenje), od sonde koja registruje prepunjavanje ulazne komore sekundarne drobilice, ili od opterećenja drobilica koje se može registrovati opterećenjem pogonskog elektromotora, ili najnovijim sistemom instrumenata firme Ramsey, koji registruju opterećenja u materijalu obložnih tela drobilica. Ako se, pak, karakter rude toliko izmeni da primarna drobilica počne raditi pod uslovima suviše velikog opterećenja pri novom stepenu redukcije, automatski se smanjuje brzina pločastog dodavača i privremeno ipak smanjuje kapacitet. Signal opet može doći od sonde koja registruje prepunjavanje ulazne komore primarne drobilice, ili od instrumenata koji registruju njeno opterećenje. Stepen redukcije primarne drobilice, ili čak ukupni kapacitet, može izmeniti i sonda koja registruje preveliko nagomilavanje na vibracionom situ i njegovo preopterećenje.

Kako vidimo, ovo je sistem kojim potpuno automatizujemo proces drobljenja, ali parcijalno u odnosu na celokupni tehnički proces obogaćivanja. Izmenom stepena redukcije primarne i sekundarne drobilice, postižemo konstantnu krupnoću izdrobljenog materijala i konstantan kapacitet pri raznim fizičko-struktturnim osobinama rude. Hidromehanizam sekundarne drobilice služi nam samo za automatsku kompenzaciju habanja obloga, ali se može i izostaviti (Symons drobilice) kod češćeg ručnog postavljanja.

Međutim, konstantni kapacitet u procesu drobljenja nije bitan zbog postojanja bunkerskog prostora između drobljenja i nadne faze procesa te se održavanje konstantnog kapaciteta može i izostaviti. Konstantna krupnoća proizvoda održava se tada jednostavnim automatskim menjanjem kapaciteta, naravno vodeći računa da isti bude

ekonomičan. Zato je i više ilustracije radi, objašnjeno reagovanje sistema kod rada sa tvrdom rudom. Kod rada sa mekšom rudom svakako ne bi bilo oportuno ograničavati kapacitet.

U izloženoj šemi automatizujemo i rad na punjenju bunkera. U svakom bunkeru je sistem sondi, od kojih je najjednostavniji onaj sa dve sonde koje registruju pun i prazan bunker. Pun bunker daje impuls is-



Sl. 3 — Neke ulazne, izlazne i merene promenljive u fazi mlevenja, flotiranja i odvodnjavanja.

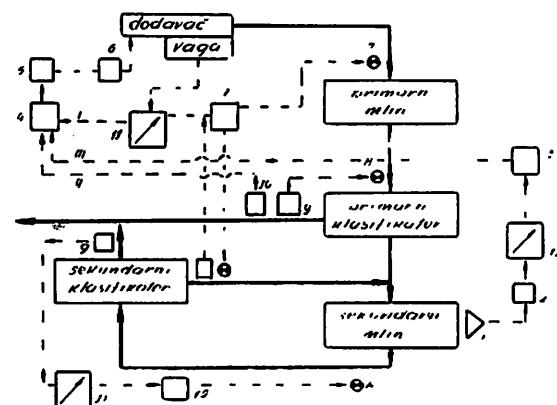
Fig. 3 — Some input, output and measured variables in grinding, flotation and dewatering circuits.

tovarnim kolicima da prekinu punjenje i da se premeste na sledeći bunker. Prazan bunker može uputiti signal i pozvati istovarna kolica da počnu da ga pune. Sistem sa više sondi na raznim dubinama ima ne samo informativnu funkciju, već se komandovanjem istovarnim kolicima može obezbediti jednak nivo rude u svim bunkerima. Napominjemo da ovi sistemi sondi igraju sličnu ulogu, samo sa inverznom dejstvom, i kod pražnjenja bunkera. Primenjeni instrumenti mogu biti različitog tipa: dodirne ili »približavajuće« sonde, razne foto-ćelije, »ćelije opterećenja« (tlačne doze — presduktori) po sistemu kompresije, naprezanja itd.

U navedenu šemu drobljenja uključeni su i još neki informativni ciklusi. Automatska vaga registruje tonazu izdrobljene rude, merač vlage, koji radi na principu merenja provodljivosti kroz sloj rude na transportnoj traci omogućava registraciju suve težine, televizijske kamere mogu biti postavljene na tačkama pretovara sa transportne trake na traku — ako je ovaj transport dugačak, merenje naprezanja u gumenoj traci transporterata, merenje temperature ležaja i dr.

#### Odeljenje mlevenja

Naša tehnološka šema pretpostavlja dvostadijalno mlevenje. Ruda se iz bunkera izvlači trakastim dodavačem promenljive br-



Slika 4 — Šema automatizacije dvostadijalnog mlevenja.  
I — kolo konstantnog kapaciteta; II — prvo korekciono kolo; III — drugo korekciono kolo; 1 — merenje opterećenja — mikrofon; 2 — pojačivač — pretvarač; 3 — korekcioni regulator; 4 — stabilizator; 5 — izvršni mehanizam; 6 — regulator brzine; 7 — regulator odnosa; 8 — motorni ventil za vodu; 9 — merač gustine; 10 — merač količine čvrstog u pulpi; 11 — registrator — informator; 12 — regulator gustine.

Fig. 4 — Automation of two stage grinding process.

zine koji ima ugrađenu automatsku vagu te se preko transportne trake dodaje u mlin sa šipkama koji radi u otvorenom ciklusu. Primarno izmlevena ruda odlazi u mlin sa kuglama koji radi u zatvorenom krugu sa spiralnim klasifikatorom. Preliv klasifikatora je konačan produkt ove faze procesa i odlaže u sledeću fazu — flotiranje.

Pražnjenje sistema bunkera možemo vršiti daljinskom komandom, po želji operatora ili automatski pomoću sondi koje su ranije opisane, sa razlikom što će sonde koje registruju prazan bunker obustavljati rad trakastog dodavača koji izvlači rudu iz njega, a uključiti onaj nad kojim je bunker najpuniji. U daljem razmatranju podrazumevamo pražnjenje jednog određenog bunkera.

Pomenuli smo već da se neposredno merenje granulometrijskog sastava proizvoda mlevenja — koje i želimo da postignemo i održimo konstantnim, onakvim kakvo je najpogodnije za proces flotiranja — još uvek nalazi u fazi razrade i još uvek nije zrelo za industrijsku primenu. Stoga se odlučujemo da zahtevanu granulometriju posredno održavamo preko konstantnog opterećenja mlina i konstantne gustine preliva klasifikatora.

Pri određenim, »srednjim«, karakteristikama rude u pogledu meljivosti, pri određenom kapacitetu dodavanja rude u mlin i pri određenoj gustini preliva klasifikatora, nakon stabilizacije kružne šarže, dobije se određeni granulometrijski sastav preliva. Konstantnu tonazu obezbeđuje kombinacija automatska vaga — trakasti dodavač, koji prema impulsu vase povećava ili smanjuje brzinu. Konstantna gustina se održava mernim uređajima različitog tipa koji daju impuls na motorni ventil koji reguliše dodavanje vode.

Međutim, ako dođe do promena karakteristika rude tako da, na primer, ruda postane mekša, dolazi do smanjenja opterećenja mlina zbog sitnijeg mlevenja i smanjenja kružne šarže, a takođe i do poremećaja gustine. Merni signal opterećenja daje sada korektivni impuls dodavaču rude u mlin, te se kapacitet povećava i održava dalje konstantnim na tom novom višem nivou. Impuls dobija i regulator odnosa postavljen na pesak klasifikatora, koji opet predaje odgovarajući impuls motornom ventilu koji reguliše dodavanje vode u mlin

radi održavanja konstantne gustine mlevenja. Povećana količina rude dovešće do povećanja gustine u prelivu klasifikatora, čije merenje opet daje impuls na motorni ventil za dodavanje vode u klasifikator i ceo proces se stabilizuje na jednom višem nivou kapaciteta. Kod tvrde rude proces regulacije je isti ali obrnutog smera. Mlin mježe krupnije, povećava se količina peska u prelivu klasifikatora te je za održavanje istog nivoa opterećenja potrebno smanjiti tonazu nove rude, koja se dodaje u mlin. Korektivni signal menja zadani kapacitet, koji zatim sistem vaga-hranilica održava na tom novom nivou. Simultano, regulator odnosa na pesku klasifikatora smanjuje količinu vode koja se dodaje u mlin radi održavanja konstantne gustoće. Gustina na prelivu klasifikatora je takođe poremećena, te merni signal daje impuls motornom ventilu koji reguliše dodavanje vode u klasifikator. Ponovo je uspostavljen stabilni režim sa konstantnom granulometrijom i konstantnim opterećenjem mlina, ali pri nižem nivou kapaciteta.

Ako bi se proces mlevenja obavljao tako da posle prvog stepena mlevenja postoji jedan stepen klasifikacije, sa ciljem da se odvoji dovoljno izmlevena količina rude, a samo pesak te klasifikacije odlazi na sekundarno mlevenje u mlin sa kuglama koji radi u zatvorenom krugu sa drugim stepenom klasifikacije, kolo automatizacije je nešto komplikovanije. U ciklus se uključuje i merenje rude koja se kao dovoljno izmlevena izdvaja pre ulaza u zatvoreni krug sekundarnog mlina i klasifikatora. Merenje količine čvrste materije u pulpi preliva primarnog klasifikatora može se ostvariti pomoću, recimo, magnetnog fluometra, odakle se korektivni signal predaje kolu koje održava konstantno dodavanje rude u ceo ciklus mlevenja. Na taj način, sistem vagatrakasti dodavač promenljive brzine (ili vibracioni ili drugi dodavač) koji unutrašnjom vezom održava količinu nove rude koja ulazi u proces mlevenja konstantnom, prima dva korektivna signala — od merača količine čvrstog u prelivu primarnog klasifikatora i od merača opterećenja sekundarnog mlina sa kuglama.

Sumarno, stabilan proces se postiže sistemom sa dva kola. Prvo kolo ima zadatak da obezbedi konstantnu pomoćnu veličinu — dodavanje određene težine rude u pro-

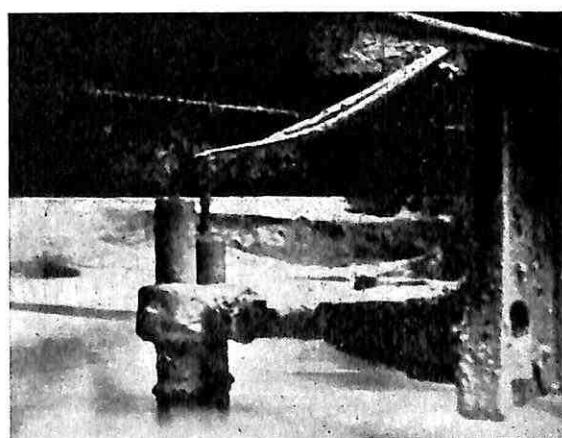
ces mlevenja i određenih količina vode radi odgovarajućih gustina, a drugo kolo je jedno, ili sistem više korekcionih kola koja regulišu stepen izmlevenosti rude.

Za merenje opterećenja mlina sa kuglama postoji više mogućnosti. Momentalno, dva najpopularnija sistema su pomoću potrošnje energije za pogon mлина и pomoću frekvence ili visine zvuka koji proizvede mlin i koji se može snimiti pomoću elektrodinamičkog mikrofona. Ovaj se, preko pojačivačko-pretvaračkog bloka sa elektropotenciometrom i korekcionog regulatora, uključuje u kolo koje reguliše dodavanje rude. Mikrofon treba, svakako, da bude dobro zaštićen od drugih zvukova i da ima usmerenu karakteristiku. Vršena su ispitivanja da li je regulisanje povoljnije ako bazira na merenju visine ili merenju učestalosti zvuka i utvrđeno je da to zavisi od dijapazona kapaciteta mlina.

Kod primene hidrociklona kao klasifikatora, kružna šarža se može kontrolisati merenjem vakuma u ciklonu, ali samo do izvesnog stepena, jer kod takve kružne šarže da pražnjenje ciklona dobije oblik mlaza (za klasifikaciju normalan je oblik »kišobrana«), vakuum tako opada da kontroler može delovati u suprotnom smislu.

Pored opisanog kola automatizacije, u procesu mlevenja svakako postoje i zaštitni ciklusi automatskog podmazivanja mlinova, zagrevanja ležajeva, pritisaka u hidrociklonu i drugi.

Što se tiče merenja i regulacije gustine pulpe, to je jedna od najstarijih i najbolje



Sl. 5 — Sonde za pijezometrijsko merenje gustine u bazenu klasifikatora.

Fig. 5 — Sonds for density measurements in classifier basin.

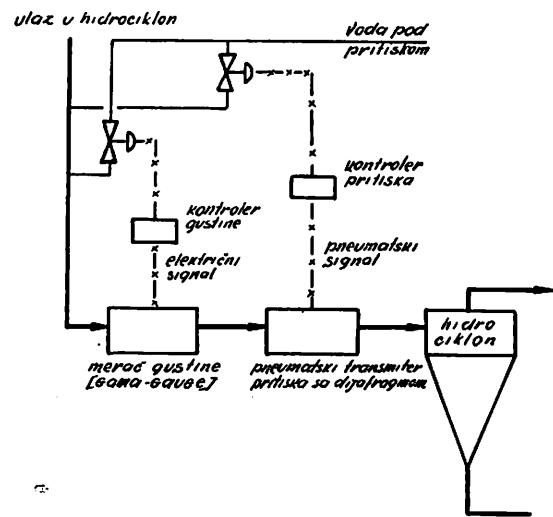
poznatih operacija. Već tridesetih godina konstruisani su razni piyezometrijski sistemi koji rade na bazi razlike u pritisku, ali su danas svakako najpopularnije tzv. »gama gauge« merači za čiji razvitak treba zahvaliti nuklearnoj tehnici.

### Flotiranje

Automatizacija samog procesa flotiranja je još uvek najmanje razvijena, kao posledica još uvek nedovoljno proučenih kompleksnih odnosa mnogih promenljivih. Pod pretpostavkom da su neke promenljive, kao granulometrijski sastav i gustina pulpe, regulisane u prethodnim fazama procesa i podešene tako da u proces flotiranja ulaze kao stabilne i, ako smatramo da se takve promenljive kao aeracija, temperatura pulpe i kvalitet vode mogu, bar u dužim periodima vremena, smatrati konstantnim, ostaje nam da, radi dobijanja konstantnih, najpovoljnijih tehnoloških rezultata, regulišemo do-

Razrađen je veliki broj raznih tipova dodavača reagensa koji su sposobni da menjaju količinu reagensa prema impulsu dobijenom sa strane. Sistemi za promenu količine reagensa, koji se dodaju u proces proporcionalno količini rude koja ulazi u proces, su takođe dobro razrađeni. Merenje količine čvrstog u pulpi koja ulazi u ciklus flotacije obično se vrši magnetnim floumetrima ili sličnim instrumentima. Ti su ciklusi jednostavnji, jer se odvijaju prema funkciji koja je izražena jednostavno kroz koeficijent, recimo  $n$  gram reagensa po toni rude.

Međutim, i kod održavanja konstantne tonaže dolazi do promena mnogih fizičko-hemijskih karakteristika ulazne rude i pulpe, kao što su sadržaj metala u ulaznoj rudi, opšta flotabilnost, stepen oksidacije, promene u jalovim pratećim mineralima, stepen koncentracije pojedinih jona iz bilo rudnih, bilo pratećih minerala, itd. Kada, shodno konstantnoj tonaži, održavamo režim reagensa konstantnim, dobijamo jako kolebljive rezultate. Na sve te promene u neautomatizovanom i neinstrumentiranom postrojenju se reaguje čisto iskustveno, čak i bez mogućnosti da se zna za rezultate procesa pre perioda od nekoliko sati. Veliki napredak predstavlja razvitak raznih metoda kontinualnog uzorkovanja i analiziranja. Tamo gde su ove metode primenjene u praksi, lako je izvodljiva kombinacija informativnog ciklusa i daljinskog komandovanja. Operator konstantno prati analize sadržaja metala u pojedinim proizvodima (ulazu, jalovini, koncentratima) i daljinskim komandoma reguliše dodavanje reagensa ili nivo pregradnih šibera koji diktiraju visinu pulpe u čelijama. Automatsko regulisanje, bez posredstva operatora, dodavanja reagensa na osnovu rezultata hemijskih analiza još uvek nije našlo odgovarajuću primenu u industriji, mada se pokušaji sprovode, i to ne iz razloga što aparatura koja vrši analize ne može emitovati određene impulse, niti dodavač reagensa da ih primi, već još uvek nisu precizirani matematički modeli funkcije koja bi postavila međusobnu zavisnost hemijskih analiza pojedinih proizvoda i količina reagensa. Kontinualno uzorkovanje i analiziranje ima sve veću primenu, ali ponavljamo, u kombinovanim ciklusima informacija i daljinske komande.



Sl. 6 — Sema kontrole gustine i protoka ulaza ciklona (Protok proporcionalan pritisku), (50th Anniversary Volume, 1962).

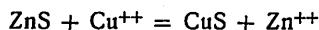
Fig. 6 — Control circuit for density and flow of hydrocyclone feed. (Flow proportional to pressure), (50th Anniversary Volume, 1962)

davanje flotacionih reagensa i visinu nivoa pulpe u čelijama. Prethodnim studijama i industrijskim probama svakako je utvrđeno koji je režim reagensa najpovoljniji pri određenom kapacitetu.

Postoji više promenljivih koje smo naveli, kod kojih je utvrđena veza sa dodavanjem reagensa. Tako je razvijeno merenje količine jona u pulpi, i to onih koji se nalaze u sastavu reagensa. Tako, na primer, prethodna ispitivanja treba da daju zavisnost rezultata flotiranja od odnosa koncentracije jona ksantata prema jonu bakra u ostaku posle flotiranja cinka. Merenjem tog odnosa automatski regulišemo dodavanje reagensa ksantata i bakar sulfata.

Ove metode kontrole baziraju na naučnim osnovama i uvode primenu teorije flotacije, na stupnju kakovom se sada nalazi, pa i napored sa njenim daljim razvitkom.

Tako, polazeći od osnovne reakcije za aktivaciju sfalerita jonom bakra



eksperimentalno dobijenih podataka za ravnotežu pri gornjoj aktivaciji od

$$\frac{[\text{Zn}^{++}]}{[\text{Cu}^{++}]} = 9 \cdot 10^{-10}$$

i precipitacije bakar hidroksida (u zavisnosti od visine pH pulpe), dobija se za koncentraciju jona bakra izraz proizvoda rastvorljivosti:

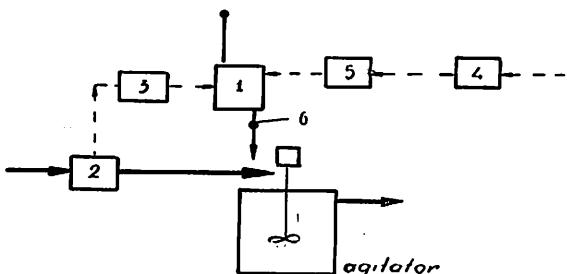
$$[\text{Cu}^{++}] [\text{OH}^{-}]^2 = 1,6 \cdot 10^{-10}$$

Nekim eksperimentima je takođe utvrđeno da je adsorpcija ksantata u višeslojnom filmu funkcija  $m^2 [\text{H}^+]$ , a u monomolekularnom sloju funkcija  $m[\text{H}^+]$ , gde  $m$  predstavlja koncentraciju ksantata u ostaku, a  $[\text{H}^+]$  koncentraciju vodonikovih jona. Ispitivanja su vršena na grubom flotiranju olova variranjem dodavanja ksantata, kreča i cijanida i ustanovljeno je da iskorišćenje u ovom ciklusu zavisi isključivo od koncentracije jona ksantata u ostaku i od pH, a ne i od sadržaja Pb u ulazu, koji, međutim, ima uticaja na kvalitet koncentrata. Grubo flotiranje cinka je ispitivano variranjem dodavanja ksantata, kreča i sulfata bakra. Ovakva ispitivanja su obavezna za ustanovljavanje određene korelacije pojedinih promenljivih. Potrebno je vršiti statističke analize pojedinih ispitivanja, te grafički i matematički određivati modele.

Osnovni problem kod primene ovih metoda je, još uvek, merenje koncentracije jona u tako malim količinama kakve se sreću

u flotacionoj praksi. Spektrofotometrijske metode analize ksantata su napredak u tom pravcu, a u zadnje vreme vrše se pokušaji i sa elektrohemiskom metodom sa primenom metalksantatnih elektroda. Veliku uslugu pruža upotreba radioaktivnih trasera.

S obzirom da se sve ove metode nalaze tek u fazi razvoja i pokušaja, još uvek se za naše hipotetičko postrojenje oslanjamamo na stare empirijske metode bazirane na iskuštu i oceni operatora, a u neke faze uključujemo parcijalnu automatizaciju. Tako automatizujemo dodavanje reagensa u odnosu na tonužu rude koja ulazi u proces. Za ostalo, oslonićemo se na informativni ciklus koji obezbeđuje kontinualno uzorkovanje i analiziranje nekoliko proizvoda: ulaza, grubog koncentrata, konačnog koncentrata i otoka Pb ciklusa kao i cinkovog kruga. Tako će sedam uzoraka sukscesivno prolaziti kroz dva analizatora u seriji (prvi će određivati Pb a drugi Zn) te ako je za jedno opažanje potrebno vreme od oko 2 minuta,



Sl. 7 — Šema dodavanja reagensa u zavisnosti od količine rude u procesu i rezultata hemijskih analiza.  
1 — dodavač reagensa sa elektromotorom promenljive brzine i promenljivom frekvencijom dodavanja; 2 — merač količine čvrstog u pulpi; 3 — pneumatski regulator frekvence dodavanja; 4 — pretvarač rezultata hemijskih analiza u izvršni signal; 5 — elektromotor dodavača reagensa promenljive brzine.

Fig. 7 — Reagents feed depending on quantity of ore in the process and chemical analyses.

operator će svakih 14 minuta imati kompletну sliku procesa u pogledu tehnoloških rezultata, te će daljinskim komandovanjem korigovati zadane vrednosti kod pojedinih dodavača reagensa i time obezbediti dodavanje reagensa na novom nivou. Daljinskim komandovanjem može se korigovati i nivo pulpe u čelijama koji se normalno održava automatski pomoću plovka. Svakako da je potrebno potpuno poznavanje vremenskog intervala, kako procesnog, tako i distancio-

nog, između momenta promene ulaznih promenljivih i reagovanja izlazne.

Posebno se može automatizovati dodavanje reagensa regulatora sredine i time održavati pH pulpe na određenoj konstantnoj vrednosti. Tehnika regulacije merenjem pomoću elektroda je dobro poznata i već dugo u upotrebi, ali je imala niz nepovoljnih osobina (kao priljanje i razbijanje elektroda). U zadnje vreme su razvijene metode kontinualne titracije uzorka i one su se pokazale veoma povoljnim. Signal koji emituje merni instrument se preko odgovarajućih transdusera prenosi do izvršnog mehanizma, koji deluje na motorni ventil i reguliše dodavanje rastvora regulatora sredine.

Za transport masa se u flotaciji obično upotrebljavaju pumpe. Ako pumpe imaju prijemni sanduk (tip Wilfley), postavljamo zaštitni ciklus sa plovkom u rezervoaru ili sistemom sondi. Time zaštićujemo pumpe od preopterećenja. Kod prepunjavanja rezervoara, automatski se uključuje u rad i rezervna pumpa koja prima višak materijala i radi paralelno. Takođe se rezervna pumpa uključuje u rad i kada radna pumpa, iz bilo kojih razloga, otkaže. Može se uvesti i sistem zabravljanja kada dođe do otkazivanja obe pumpe — i radne i rezervne, te da se automatski zaustavi ceo proces koji ih prethodi. Još je važnije da se kći puštanja postrojenja u proces, najpre puste u pogon pumpe, pa tek onda ostale mašine.

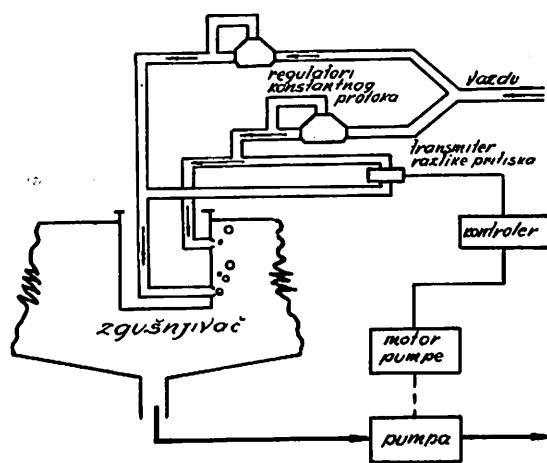
### Zgušnjavanje i filtracija

Automatizacija ove faze procesa nije još široko razrađena. Na zgušnjivač ćemo sva-kako postaviti zaštitni ciklus preopterećenja. Merenjem opterećenja na grabulje podešavamo njihovo automatsko izdizanje do visine na kome je opterećenje opet »normalno«, a kada opterećenje padne ispod toga, grabulje počnu da se spuštaju tako da stalno rade pri istom, normalnom, opterećenju. Merenje opterećenja se ostvaruje pomoću stru-jnih releja koji daju impuls uljnoj pumpi hidrauličnog mehanizma koji diže grabulje. Merni instrument može biti i odgovarajući ampermetar, vatmetar ili termo pretvarač. Opterećenje grabulje može dati impuls i za početak pražnjenja zgušnjivača pušta-njem u rad filterskog postrojenja i pumpe koja vrši pražnjenje zgušnjivača. Kako se pražnjenje zgušnjivača ne vrši stalno, to je proces podešen tako da se za vreme kada se ne vrši pražnjenje, normalno opterećenje na grabuljama automatski održava kon-stantnim, njihovim izdizanjem do određene visine kada se uključuje u rad pumpa i po-strojenje za filtriranje i time rasterećenje grabulja i njihovo spuštanje. Pražnjenje prestaje kada se grabulje spuste na najniže određenu tačku.

Drugi način regulacije bio bi kontrolom gustine ulaza i izlaza iz zgušnjivača. To se može postići sa dve pijezometrijske sonde, postavljene na raznim dubinama zgušnjivača, koje u momentu registracije željene gu-stine u pesku (od recimo 50% čvrstog), uključuju pumpu za pražnjenje zgušnjivača i filtersko postrojenje. I jedan i drugi metod kompletiramo meračem protoka zgusnutog koncentrata koji, prema prijemnim moguć-nostima filtera, predaje impuls na motorni ventil kojim regulišemo količinu pražnjenja iz zgušnjivača.

U sigurnosnom ciklusu, pumpa pod zgušnjivačem je zabravljena sa filterskim po-strojenjem tako da se ne može pustiti u rad, ako filteri nisu već u radu, ili ako nije obezbeđena slobodna povratna linija. Ta-kode automatizujemo dodavanje reagensa flokulatora na osnovu impulsa koji dobi-jemo merenjem zamućenosti u zoni bistrog preliva.

Sama filtracija treba da ima sve elemen-te zaštitnog ciklusa. Merenjem nivoa pulpe regulišemo dotok, tj. rad motornog ventila



Sl. 8 — Kontrola gustine u zgušnjivaču pomoću sistema različitih pritisaka (50th Anniversary Volume, 1962).

Fig. 8 — Control of thickener density with pressure difference system (50th Anniversary Volume, 1962).

na izlazu iz zgušnjivača. Ako ujednačenost suspenzije regulišemo dovodom vazduha, onda merenje uzmućenosti daje impuls količini vazduha koja se dodaje.

S obzirom da su u zadnje vreme razvijeni instrumenti za merenje sadržaja vlage koji se mogu primeniti i na filtratske kolače, primenjujemo jedan takav instrument (na bazi elektroprovodljivosti ili pomoću neutronskog izvora), koji nam daje informaciju o vlazi i impulse na regulator količine doleta, ili na sistem vakuma i pumpi za filtrat.

#### Zaključci

Automatizacija postrojenja za pripremu mineralnih sirovina se sve više razvija te će rešavanje još nekih suštinskih teoretskih pitanja dovesti do gradnje odgovarajućih matematičkih modela i pune primene potpune

automatizacije — kompjuterizacije procesa, uz uslov ekonomske opravdanosti. Za sada, proces se može parcijalno automatizovati po pojedinim fazama a većinu postrojenja i kompletno instrumentirati i kombinovati sa zaštitnim ciklusima i daljinskim komandovanjem.

Kontrolni sistemi u čijem sastavu su impulsni vodovi, pretvarači, registratori, komandno-izvršni uređaji, su toliko univerzalno usavršeni, da sa te strane nema nikakve smetnje uvođenju potpune automatizacije. Ostaje inženjerima u procesu pripreme da daljim proširivanjem teoretskih fundamentala odrede definitivno koje i gde treba meriti promenljive koje utiču na proces, a inženjerima za kontrolu da razviju takve merne instrumente, koji će moći davati određene impulse komandnim sistemima, bilo direktno, bilo posredstvom elektronskog računara — kompjutera. To je veoma široko polje rada za stručnjake obeju disciplina.

#### SUMMARY

#### Automation and its Possibilities in Lead Zink Concentrators

A. Stojšić, min. eng.\*)

The technological revolution, which take place in all developed countries, imposes more application of automatic control in every kind of industrial works. The mineral industries found more uses for automation in controlling unit operations in existing plants and centralized control in new ones. There are several types and degrees of such things that we call in everyday work as »automation«. Today the most developed are different kinds of information and sensing devices known as »instrumentation« which give to the operator only informations and data about the process, but do not regulate it. The information circuits are often combined with remote control and we have some big concentrators so highly instrumented by this way that they may be one man operated. Automated safety circuits are well known.

Truly automated controls are introduced in nonferrous concentrating operations as rapidly as sensing devices are developed for the continuous measurement of the more complicated process variables involved in these operations. However, there are such variables, especially in the flotation circuits, and correlations among them, which still are not established, and further research should be pursued. The most sophisticated automation systems employ now computers to read-in, store and print-out operating data. The computers may be programmed to analyse the accumulated data, make mathematical calculations, select the changes necessary to optimize operating conditions and relay the decisions to the corresponding controlling devices.

By consideration of a hypothetical lead zink concentrator, some of the applications of the automatic control are reviewed. A number of pneumatic, electrical, electronic, hydraulical, mechanical and nuclear devices have been developed. The cru-

\*) Dipl. ing. Aleksandar Stojšić, rudnik »Srebrnica« — Sase.

shing and grinding controls are discussed. Newly developed methods of continuous chemical analysis by X-ray fluorescence, X-ray diffraction, X-ray absorption and neutron activation take more and more application. Automation by control of reagent handling according to metal contents and to residual concentration of the reagent in the pulp is mentioned.

#### L iteratura

- Cibulka, J., Kasper, K., Rotter, R., 1965: Control and Automation of the Flotation Process. — VII International Mineral Processing Congress.
- Fulmor, T. G., Wraith, W., 1964: Anaconda's Butte Concentrator. — Mining Engineering, 5, USA.
- Gejzenblazen, B. E., Gončarov, Ju. G. i dr., 1965: Avtomatizacija dvojstadijalnogo cikla izmelčenija. — Gornij žurnal, 2, SSSR.
- Hucke, E., 1965: Present State of the Art on »Sensing Instruments«. — AIME, The 1965 annual meeting, Chicago, USA.
- LaJoy, M. H., 1963: Industrial Automatic Controls. — Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., USA.
- Lawver, J. E., 1965: Operating Controls. — Mining Engineering, 2, USA.
- Merklin, K. E., Dahlstrom, D. A., 1965: Automation in the Iron Ore Industry. — VII International Mineral Processing Congress.
- Ried, J. R., 1965: Automation of Crushing and Grinding Circuits. — AIME annual meeting 1965, Chicago, USA.
- Schäfer, O., 1961: Osnovi automatske regulacije. — Tehnička knjiga, Zagreb.
- Volin, M. E., Kennedy, A. D., Freyberger, W. L., 1965: Mineral Processing, Annual Review. — Mining Congress Journal, 2, USA.
- Zubkov, G. A., 1965: Sredstva avtomatiki dlja izmelčitelnyh i flotacionyh otdelenij obogatitelnyh fabrik. — Gornij žurnal, 5, SSSR.
- 50th Anniversary volume, 1962: Froth Flotation — AIME, NEW YORK, USA.



## Metalogenetske epohe i metalogenetska područja boksita Jugoslavije

(sa 9 slika)

Prof. dr ing. Slobodan Janković

### **Uvod**

U našoj zemlji se kao mineralne sirovine aluminijuma mogu danas smatrati samo ležišta boksita. Pojave nefelina, alunita i leucita su poznate, ali su bez većeg ekonomskog značaja. Ležišta boksita imaju široko rasprostranjenje, sa visokim kvalitetom rude, tako da Jugoslavija prema svojoj sirovinskoj bazi boksita zauzima jedno od značajnih mesta u svetu.

### **Tipovi ležišta**

U Jugoslaviji se sva ležišta boksita mogu podeliti na dva tipa: ležišta boksita krečnjačkog tipa i lateritska ležišta silikatnog tipa. U ekonomskom pogledu boksi krečnjačkog tipa predstavljaju daleko značajnije rude, jer boksi silikatnog tipa imaju samo jako ograničen lokalni značaj.

### **Ležišta krečnjačkog tipa**

Ova ležišta se nalaze u prostranom krečnjačkom pojusu Dinarida. Nastala su ispunjavanjem karsnog paleoreljefa u krečnjaku, ređe dolomitima, a povlata im je predstavljena ravnim površinama, izgrađenim pretežno od krečnjaka (sl. 1). U povlatnom delu javljaju se mestimično pored gline i tanki proslojci lignita (u pojedinim ležištima zapadno od Nikšića).

Po obliku, boksitna ležišta se dele u slojevita, sočivasta, gnezdasta; postrudni po-

kreti doveli su katkad do razlamanja primarnih ležišta, što morfologiju ležišta čini složenijom. Razmere boksitnih ležišta su veoma promenljive — od malih gnezda, velikih, jedva nekoliko desetina tona, do ležišta koja sadrže i više miliona tona boksita.

Boksitna ležišta zauzimaju određeni stratigrافски nivo, tako da se izdanci mogu pratiti i više kilometara, katkad i desetine kilometara. Koeficijent boksitonosnosti, izražen odnosom dužine boksitnih izdanaka prema ukupnoj dužini međuformacijskog kontakta na kojima se javljaju izdanci ležišta, je veoma promenljiv — od 0,01 do 0,5.

Prema mineralnom sastavu, boksi iz jugoslovenskih ležišta su, kao i ostali boksi



Sl. 1 — Zakaršćeni palcorelief u podini boksitnih ležišta sa istaknutim krečnjačkim piramidama; rejon Nikšića.

Abb. 1 — Verkarstetes Paläorelief im Liegenden der Bauxitlagerstätten, mit ausgeprägten Kalksteinpyramiden; Gebiet von Nikšić.

u tome tipu ležišta u svetu, pretežno monohidratnog tipa — bemitski i dijasporski, sa pojavljivanjem i mešovitih tipova monohidratnih boksita. Trihidratni boksiti hidrargilitskog tipa imaju znatno manje rasprostranjenje, udruženi sa monohidratnim boksitima; nešto veće rasprostranjenje imaju hidrargiliti u ležištima u rejonu Drniša, kao i u pojedinim hercegovačkim ležištima. Od ostalih minerala poznati su hematit, getit, minerali iz grupe gline (kaolinit, halojzit i dr). Mineralni sastav većine naših ležišta boksita se ne može smatrati potpuno izučenim.

Prema sadržaju pojedinih komponenti, među našim ležištima boksita postoje široka variranja, naročito u pogledu silicije. Većina naših boksita sadrži relativno visoki udeo aluminije (obično 52—59%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ); sadržaj silicije je obično nekoliko procenata, mada postoje i ležišta sa preko 25%  $\text{SiO}_2$ .

Boksiti naših ležišta odlikuju se katkad i povišenim sadržajem  $\text{TiO}_2$  (do 6%  $\text{TiO}_2$ ), a pokazuju i jedan manje-više stalni sadržaj vanadijuma. Samo izuzetno pojedini naši boksiti imaju i povišene koncentracije urana. U tablici 1, prikazan je hemijski sastav boksita iz pojedinih naših ležišta.

Problem geneze boksitnih ležišta u krečnjacima, kojima pripadaju i jugoslovenska ležišta, razmatrali smo ranije u opštem delu, tako da nije potrebno ponovo da iznosimo svoj stav u pogledu stvaranja boksitnih ležišta tega tipa.

#### Silikatna ležišta

Silikatna ležišta boksita su veoma ograničenog rasprostranjenja. Nastala su raspadanjem silikatnih, u prvom redu magmatičkih stena. Pored boksita, u ležištima ovoga tipa, koja su nastala raspadanjem ultrababičkih stena, postoji još nekoliko drugih silikatnih ležišta, u kojima se boksit može pojaviti u malim količinama.

Tablica 1

#### Hemijski sastav boksita iz pojedinih jugoslovenskih ležišta

|                             | Drniš | Korljevo | Kalun | Sedramić | Rejon Nikšića | Vlasnica (istoč. Bočna) | Mostar | Maslenica |
|-----------------------------|-------|----------|-------|----------|---------------|-------------------------|--------|-----------|
| $\text{SiO}_2$ , %          | 4,51  | 2,51     | 0,9   | 1,32     | 3,50          | 1,17                    | 2,10   | 4,98      |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ , % | 49,37 | 58,23    | 54,00 | 54,65    | 57,59         | 54,16                   | 56,60  | 48,44     |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , % | 22,65 | 19,22    | 23,31 | 23,48    | 22,30         | 30,45                   | 25,35  | 20,21     |
| $\text{TiO}_2$ , %          | 3,00  |          | 2,70  |          | 3,50          | 3,67                    | 3,10   | 2,50      |
| $\text{H}_2\text{O}$ , %    | 20,43 | 18,34    | 18,10 | 18,97    | 12,60         | 10,02                   | 13,50  | 23,84     |

Tablica 2

|                             | Porfirit | Sialitski raspadanju porfirit, sa bogatim partijama aluminija | Beli alit Zabora | Crvenomrk alit Zabora | Žuti alit Slatine | Crveni alit Slatine |
|-----------------------------|----------|---|------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|
| $\text{SiO}_2$ , %          | 61,37    | 21,00   | 14,56            | 9,98                  | 3,69              | 2,82                |
| $\text{TiO}_2$ , %          | —        | 1,20  | 4,05             | 3,25                  | 2,80              | 2,54                |
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ , % | 15,76    | 46,80   | 63,01            | 54,43                 | 64,08             | 51,50               |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , % | 4,06     | 18,10   | 2,34             | 18,55                 | 15,93             | 28,30               |
| $\text{FeO}$ , %            | 2,94     | —   | —                | —                     | —                 | —                   |
| $\text{MnO}$ , %            |          | 0,23  | —                | —                     | —                 | —                   |
| $\text{MgO}$ , %            | 2,86     | trag  | 0,07             | 0,11                  | trag              | 0,36                |
| $\text{CaO}$ , %            | 7,27     | 0,02  | 0,48             | 0,73                  | 0,31              | 0,60                |
| $\text{Na}_2\text{O}$ , %   | 3,04     | —   | —                | —                     | —                 | —                   |
| $\text{K}_2\text{O}$ , %    | 0,71     |   |                  |                       |                   |                     |
| Gub. žar.                   | 2,64     | 12,71   | 15,64            | 12,87                 | 13,73             | 13,60               |

zičnih stena, nalaze se mestimično i gvožđeviti boksiti.

Slovenačka ležišta boksita u Savinjskoj dolini nastala su lateritskim raspadanjem trijaskih porfirita. Promene nastale lateritskim raspadanjem najjasnije se ističu u uporednim analizama porfirita i produkata njihove promene (po E. Dittler-u) koje su iznete u tablici 2.

Boksi leže preko porfirita, pri čemu između njih postoji postepeni prelaz; moćnost boksitonosnog pokrivača je uglavnom do nekoliko metara.

Gvožđeviti boksiti su razvijeni jedino na serpentinitskim masivima (Trstenik kod Kovovske Mitrovice). Ležišta toga tipa imaju

pretežno male razmere, i nisu, u pogledu izvora aluminije, ekonomski naročito značajna, mada se pojedina ležišta ovoga tipa mogu i rentabilno eksploatisati.

### Metalogenetske epohe

Ležišta boksita u terenima Jugoslavije stvarana su u više mahova u okviru staroalpske i alpske metalogenetske epohe. Stvaranje i razmeštaj ležišta boksita su u tesnoj vezi sa razvojem dinarske geosinklinale, intrageosinklinalnim pokretima, intrageosinklinalnim i kordiljerskim kopnjima. S obzirom na ritmičnost formiranja kopna i nje-

**Stratigrafski položaj jugoslovenskih ležišta boksita**

**Tablica 3**

| Starost                | Podina   | Povlata                                       | Ležišta   |
|------------------------|--|---|---|
| Trijaska ležišta       | Anizijski krečnjaci  | Ladinski krečnjaci                            | Pojedina ležišta Slovenije i Hrvatske   |
|                        | Vengenski slojevi  | Kasijanski slojevi                            | Jadovo na Velebitu  |
|                        | Ladinski slojevi   | Karnijski sedimenti                           | Kamnik, Bohinj, Lika, rejon Nikšića, Komarica   |
|                        | Karnijski  | Lijaski sedimenti                             | Srednja Dalmacija   |
| Jurska ležišta         | Gornjotrijaski, lijaski, dogerski ili oksfordsko-kimerdijski krečnjaci   | Gornjokimerdijski i titonski krečnjaci        | Vojničko-prekornička i starocrnogorska zona u Crnoj Gori — Viduša, Durmitor           |
| Jursko-kredna ležišta  | Titonski sprudni krečnjaci   | Valendijski krečnjaci                         | Vrsar, Rovinj, Njeguš u Crnoj Gori  |
| Kredna ležišta         | Valendijski krečnjaci<br>Neokom  | Baremsko/apski krečnjaci "                    | Bos. Krupa, južno od Nikšića<br>Mljet   |
|                        | Aptski sedimenti   | Gornjocenomanski/turonski sedimenti           | Beli boksi Baranja  |
|                        | Turonski krečnjaci   | Santonsko-kampanski krečnjaci                 | Rejon Grmeča  |
| Kreda — paleogen       | Senonski rudistni krečnjaci  | Kozinski miliolidni ili alveolinski krečnjaci | Istra, Novigrad—Obrovac, ostrva, Imotski, Boka  |
| Lutetska epoha (eocen) | Rudistni krečnjaci gornje krede, kozinski slojevi, alveolinski krečnjaci | Konglomerati ili laporci promina formacije    | Novigrad, Drniš, Ervenik u Dalmaciji, Domanovići, Čitluk, Široki Brijeg u Hercegovini |

govog ponovnog zaplavljivanja, boksitna ležišta se često javljaju ne samo u jednom, već u više stratigrafskih horizonata.

Staroalpska epoha je obeležena brojnim ležištima, nastalim u više mahova kroz tri-

nih ležišta je obično predstavljena srednjotrijaskim krečnjacima preko kojih leže tvorevine gornjeg trijasa (jugozapadna Lika — sa karnijskim slojevima kao povlatom), ili srednjotrijski krečnjaci sa rožnacima i tu-



Sl. 2 — Boksitna ležišta krečjačkog tipa u Jugoslaviji.

Abb. 2 — Bauxitlagerstätten Jugoslawiens im Kalksteintyp entwickelt.

jas, juru i kredu. Alpska odnosno tercijarna ležišta predstavljena su uglavnom razlitim tvorevinama paleogenca.

Među pojedinim epohama stvaranja ležišta boksita mogu se izdvojiti:

**Trijaska ležišta.** — U okviru trijaskih tvorevin nalaze se naša najstarija ležišta boksita; u trijaskim formacijama ležišta boksita ne zauzimaju u celim Dinaridima isti stratigrafski horizont. Podina boksi-

fovima sa proslojcima montmorilonita kao podina a rabeljski slojevi kao povlata (Gornje Polje kod Nikšića). Severozapadno od Knina boksitna ležišta se nalaze na karnijskim krečnjacima a prekrivaju ih lijaski sedimenti.

**Jurski boksi** su rasprostranjeni uglavnom zapadno i jugozapadno od Nikšića, u zoni koja se pruža prema Trebinju — Lastvi. U ekonomskom pogledu su posebno

značajna ležišta koja se nalaze između gornjeg trijasa i titonvalendijskih krečnjaka. Pored njih postoje u rejonu Nikšića i boksitna ležišta kojima podinu čine lijaski krečnjaci, a povlatu titonvalendijski krečnjaci; ta ležišta nemaju šire rasprostranjenje.

Kredna ležišta boksita se nalaze pretežno u zapadnoj Istri, između donje i gornje krede.

Tercijarna ležišta su veoma rasprostranjena u našim terenima, naročito u Hercegovini i Dalmaciji, gde zauzimaju različite horizonte paleogena.

Najveći deo boksitnih ležišta u Hercegovini i Dalmaciji formiran je za vreme srednjeg eocena, u toku jedne dosta izražene faze emerzije uslovljene stvaranjem i izdizanjem prostranih i blagih antiklinala.

Pojave boksita u nekim oligomiocenskim slatkovodnim bazenima, na primer kod Ugrovače u Hercegovini, mogu se objasniti pretaložavanjem boksita iz ranije već formiranih ležišta.

U tablici 3 prikazan je stratigrafski položaj jugoslovenskih ležišta boksita, a na sl. 2 položaj pojedinih, važnijih ležišta nastalih u različitim stratigrafskim horizontima.

### Metalogenetska područja

Jugoslovenska ležišta boksita zauzimaju prostrana područja u okviru Dinarske metalogenetske provincije — počev od terena Istre i Slovenije na severozapadu, preko Like, Dalmacije i Hercegovine dosežu u terene Crne Gore. U ovome prostoru se nalaze brojna ležišta i pojave boksita, koja se mogu grupisati u nekoliko oblasti. I pored toga što su krečnjački tereni veoma rasprostranjeni u okviru istočnosrpske metalogenetske provincije, u njima dosada nisu otkrivena ležišta boksita, što ukazuje na izvesne specifičnosti u razvoju Dinarske metalogenetske provincije u pogledu boksigeneze.

Među najznačajnijim boksitonošnim oblastima u Dinarskoj provinciji sa boksitnim ležištima krečnjačkog tipa trebalo bi pomenuti:

**Istra.** — Istarska ležišta boksita grupisana su u nekoliko rejona (Pazin, Pula, Labin, Rovinj). Ležišta se nalaze delom u neokomu, delom između rudistnih krečnjaka i liburnijskih sedimenata.

Prema obliku, to su pretežno sočiva i gnezda boksita, najčešće malih razmara; slojeviti tipovi se samo mestimično zapažaju.

Istarski boksi su pretežno bemitskog tipa, sa neznatnim primesama hidrargilita, kaolinita i getita.

Sadržaj aluminije je obično 50—55%, katkad i do 58%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , a silicije 3 — 20%. U tablici 4 prikazan je udeo pojedinih komponenti u boksimama Istre (J. G. de Weisse); ovi podaci se odnose na komercijalni boksi.

Tablica 4  
Hemijski sastav istarskih boksa

|                | $\text{Al}_2\text{O}_3$<br>% | $\text{SiO}_2$<br>% | $\text{Fe}_2\text{O}_3$<br>% | $\text{TiO}_2$<br>% | Gub. žarenjem, % |
|----------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|------------------|
| Crveni boksi   | 57,3                         | 1,67                | 25,03                        | 3,7                 | 12,18            |
| Žuti varijetet | 52,5                         | 3,80                | 26,01                        | 2,98                | 14,74            |

**Lika.** — U Lici, kod Grginog Brijega, Rudopolja i Skočaja nalaze se veoma velike mase boksa; opšte karakteristike tih ležišta nedavno je prikazao K. Sakač.

Lička ležišta pripadaju trijaskim tvorevinama. To su pretežno slojevita ležišta, katkad u vidu sočiva, sa karakterističnim oblicima karsnog paleoreljefa u podini. Prostorno, boksitna ležišta ove oblasti leže između ladijskih krečnjaka u podini, dok im povlatu čine gornji delovi rabeljskih slojeva (krečnjaci, laporci); boksitna ležišta Rudopolja se nalaze između kasijanskih sedimenta u podini i rabeljskih slojeva ili noričkog dolomita u povlati.

Lički boksi su pretežno dijasporsko-kaolinitsko-hematitskog tipa; sem ovih minerala poznati su i bemit, rutil i cirkon. Pored kompaktnih, javljaju se i oolitski boksi.

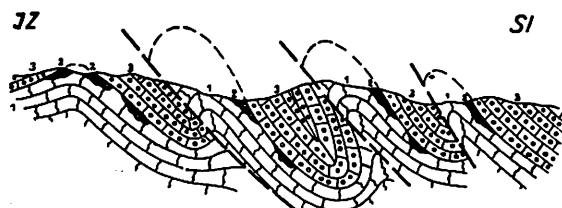
Boksi pokazuju vrlo visoki sadržaj silicije, a delom i gvožđa. Sadržaj aluminije je obično 35 — 60%, srednje je negde oko 42%. U tablici 5 prikazan je hemijski sastav boksa iz pojedinih ležišta i rudonosnih rejonova Like. Visoki sadržaj silicije, kao i relativno nizak sadržaj aluminije čine da se rezerve boksa ove oblasti smatraju danas vanbilansnim.

**Dalmacija.** — U Dalmaciji je poznat veliki broj ležišta i pojava boksa, koja su ekonomski veoma značajna.

Boksitonošno područje Dalmacije sasto-ji se od više izolovanih rejona, koji su sme-šteni u više rudonosnih zona, koje se pro-stiru u pravcu severozapad-jugoistok od re-jona Vinjerca, pa preko Obrovca i Ervenika, Knina i Drniša dosežu do Imotskog, gde prelaze u boksitonošnu oblast Hercegovine.

Među boksitnim ležištima Dalmacije mo-že se izdvojiti nekoliko glavnih tipova le-žišta:

- boksitna ležišta u obliku sočiva i ispu-njenih udubljenja u krečnjacima (sl. 3);
- nepovezana rudna tela duž osa anti-klinala;
- ležišta poređana u paralelne nizove na stranama antiklinala.



Sl. 3 — Profil kroz boksitna ležišta Drniša (po G. Telekiju)  
1 — kredni krečnjaci; 2 — boksit; 3 — eocensko-donjooli-gocenski sedimenti.

Abb. 3 — Profil durch Bauxitlagerstätte Drniš (nach G. Teleki)  
1 — Kretazische Kalksteine; 2 — Bauxit; 3 — eozän-unteroli-gozäne Sedimente.

#### Hemijski sastav ličkih boksita

| Ležište                   | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{SiO}_2$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | Gub. žarenjem |
|---------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------|
|                           | p<br>r<br>o             | c<br>e<br>n    | a<br>t                  |                |               |
| Rudopolje                 | 33,7—53,8               | 13,0—40,1      | 10,0—23,0               | 1,0—2,5        | 12—13         |
| Vratce                    | 45,6—53,5               | 13,0—35,7      | 13,0—22,0               | 0,8—2,2        | 11—13         |
| Mazin                     | 29,5—47,5               | 30,0—50,5      | 10,0—16,0               | 0,9—2,1        | 7,4—8,6       |
| Grgin Brijeg<br>(srednje) | 44,7                    | 16,6           | 24,4                    |                | 11,3          |

#### Hemijski sastav lutetskih boksita Dalmacije

| Rejon — ležište  | $\text{Al}_2\text{O}_3$<br>% | $\text{SiO}_2$<br>% | $\text{Fe}_2\text{O}_3$<br>% | $\text{TiO}_2$<br>% | Gub. žarenjem |
|------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|---------------|
| Novigrad—Obrovac | 44,8—50,1                    | 0,9—5,4             | 18,5—21,4                    | 1,9—2,5             | 23,7—25,3     |
| Kljakovača       | 47,6                         | 2,98                | 20,60                        | 2,50                | 22,10         |
| Drniš : Kalun    | 52,79                        | 0,80                | 21,5                         | 2,80                | 22,10         |
| Drniš : Promina  | 49,23                        | 1,00                | 21,8                         | 2,27                | 27,70         |

Prema stratigrafskom položaju, među dalmatinskim boksitima se mogu izdvojiti starija i mlađa ležišta. Pored razlika u sta-rosti, među njima se zapažaju i razlike u sastavu — hemijskom i mineralnom.

Starija dalmatinska ležišta nalaze se iz-među senona (gornjokredni rudistični krečnjaci) i kozinskih i alveolinskih slojeva. Ta ležišta su ekonomski malo značajna, jer su pretežno malih razmara (gnezda, sočiva).

Ovi boksiti su poglavito bermitskog tipa (udeo bermita oko 60%), dok je udeo hidrargilita, po K. S a k a č u, znatno niži (oko 8—10%).

Prema K. S a k a č u, boksiti iz rejona Kruševa, koji se mogu smatrati tipičnim predstavnicima starijih dalmatinskih bok-sita, sadrže:

|                         |        |
|-------------------------|--------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 56,1%  |
| $\text{SiO}_2$          | 0,84%  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 24,99% |
| $\text{TiO}_2$          | 2,10%  |
| $\text{H}_2\text{O}$    | 1,20%  |
| $\text{H}_2\text{O}^+$  | 14,61% |

Mlađa boksitna ležišta su osnovni izvori dobijanja boksita u Dalmaciji. Ova ležišta se nalaze između rudističnih krečnjaka u podini, a povlatu im čine konglomerati ili laporci promina formacije (sl. 3). Ova eocenska le-

Tablica 5

žišta imaju široko rasprostranjenje u Dalmaciji, i njima pripadaju najveća ležišta boksita u toj oblasti (Kalun, Kljake i dr.).

Za razliku od starijih ležišta, eocenska ležišta boksita sadrže značajniji ideo hidrargilita, praćen kaolinitom i bemitom. U tablici 6 prikazan je sadržaj pojedinih komponenti u značajnijim eocenskim ležištima Dalmacije.

*Hercegovina.* — U Hercegovini se nalaze brojna ležišta boksita, koja čine nastavak boksitonosnih zona Dalmacije i Crne Gore. Prostorno, ležišta boksita su grupisana zapadno i severozapadno od Mostara, delom i južno od Mostara, i u domenu planine Viduše.

Prema svome stratigrafskom položaju, među hercegovačkim ležištima može se izdvojiti nekoliko stratigrafskih nivoa:

— *Jurska ležišta.* — Jurska ležišta nalaze se poglavito u terenima Viduše planine, i pripadaju boksitonosnim područjima Crne Gore.

Ova ležišta su nedovoljno proučena. Boksiti ovih ležišta pokazuju promenljive koncentracije pojedinih komponenti. Sadržaj  $\text{Al}_2\text{O}_3$  je najčešće u granicama 47—60%, a silicije 2—7%.

— *Gornja kreda.* — Gornjokredna ležišta boksita su retka u terenima Hercegovine. Toj grupi ležišta bi se mogla pripisati ležišta u domenu Crne Lokve, zapadno od Mostara.

— *Senon — paleogen.* — Boksitna ležišta obrazovana između senonskih rudistnih krečnjaka i gornjih nivoa kozinskih slojeva ili eocenskih alveolinsko-numulitskih krečnjaka lokalizovana su pretežno u zapadnoj Hercegovini, gde su povezuju sa starijim boksitnim ležištima Dalmacije.

Kao i dalmatinska ležišta, i hercegovačka ležišta ne pokazuju posebno velike razmere. Rudna tela imaju pretežno oblik velikih sočiva, gnezda i džepova.

Prema S. Vučetiću i F. Trubelji, boksiti iz ležišta koja se nalaze u ovome stratigrafskom nivou imaju najčešće hemijski sastav (%) prikazan na tablici 7.

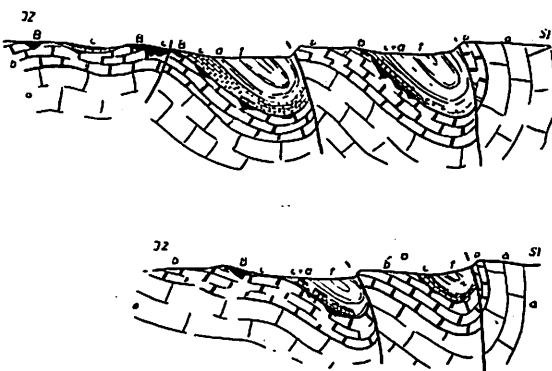
U mineralnom sastavu ovih boksita prevlađuje bemit, praćen hidrargilitom, getitom, hematitom i kaolinitom.

— *Eocenska ležišta.* — Lutetska ležišta imaju široko rasprostranjenje u Hercegovini, naročito u okviru mostarskog boksitonosnog bazena (Domanovići, Čitluk, Široki Brijeg i dr.).

Prema obliku, rudna tela pripadaju slojevitim ležištima, zatim se javljaju u vidu gnezda, sočiva. Na sl. 4 prikazani su profili pojedinih hercegovačkih ležišta boksita.

Prema J. G. de Weisse i F. Trubelji, eocensi boksiti Hercegovine sadrže (u %) — tablica 8.

U mineralnom sastavu ovih boksita hidrargilitska komponenta ima znatnije uče-



Sl. 4 — Geološki profili kroz bauxitonasne terene Krehinog Gradača i Blizanaca u Hercegovini (po E. Haberfelner-u)  
a — rudistični krečnjaci; b — alveolinski krečnjaci (donji eocen i donji deo srednjeg eocena); c-f — transgresivni slojevi gornjeg dela srednjeg eocena; b — boksit.

Abb. 4 — Geologisches Profil durch die bauxitführende Gelände von Krehin Gradac und Blizanac in der Herzegowina (nach E. Heberfelner).

a — Rudistenkalke; b — Alveolinenskalke (unteres Eozän und unterer Teil des mittleren Eozän); c-f — transgressive Schichten des oberen Teiles des mittleren Eozän; b — Bauxit.

Tablica 7

|                      | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{SiO}_2$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | Gub. žarenjem |
|----------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------|
| Posušje : Trebistovo | 54,98                   | 2,86           | 23,9                    | 3,79           | 13,04         |
| Lištica : Varda      | 51,99                   | 1,31           | 29,88                   | 3,17           | 12,07         |
| Lištica : D. Crnač   | 57,00                   | 1,5—2,5        |                         |                |               |
| Vir : Zagorje        | 52,96                   | 1,37           | 21,99                   | 2,75           | 20,15         |

šće; udeo bermita varira najčešće između 20 i 50%.

**Rejon Bosanske Krupe.** — U rejonu Bosanske Krupe i planine Grmeča poznata su ležišta boksita, među kojima su pojedina sadržavala visokokvalitetnu rudu.

Morfološki i genetski, ležišta ovoga rejona se bitno ne razlikuju od ostalih ležišta krečnjačkog tipa; razlike se pretežno očitaju u razmerama ležišta — poznata ležišta ovoga rejona su pretežno malih razmara (bar na osnovu današnjeg stepena istraženosti).

U terenima Bosanske Krupe i Grmeča mogu se izdvojiti starija — donjokredna i mlađa — gornjokredna ležišta boksita.

**Donja kreda.** — Ležišta boksita su obrazovana između valendijskih krečnjaka (podina) i baremsko-aptskih krečnjaka (povlata). Detaljnije su ova ležišta prikazana u radu K. Sakač — I. Jurkovića.

Ležišta koja pripadaju ovome stratigrafskom horizontu su malih razmara, bermitsko-kaolinitskog tipa sa visokim udelom silicije (»kiseli boksiti»).

**Gornjokredna ležišta.** — Prema A. Grubici, ležišta Grmeča formirana su između turonskih krečnjaka u podini i santonsko-kampske krečnjake u povlati.

Boksići ovoga stratigrafskog nivoa su bermitskog tipa, sa manjim udelom dijaspora, hematita i kaolinita.

Sadržaj pojedinih komponenti u ovim boksitima dat je u tablici 9.

**Rejon Jajca.** — U rejonu Jajca nalazi se više ležišta boksita, koja mogu da predstavljaju produženje grmečkog boksitonošnog rejona, tim pre što i ova ležišta pripadaju gornjoj kredi.

Najznačajnija ležišta boksita u ovome rejonu nalaze se kod Bešpelja. Podinu ležišta grade krečnjaci sa radiolitidama, dok im je povlata izgrađena od krečnjaka koji pripadaju srednjem mastrihtu (A. Grubić).

Boksići su uglavnom bermitskog tipa. Sadržaj pojedinih komponenti rude varira najčešće u granicama:

|                         |               |
|-------------------------|---------------|
| $\text{Al}_2\text{O}_3$ | 57,6 — 59,0 % |
| $\text{SiO}_2$          | 1,25 — 2,00%  |
| $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | 23,0 — 26,2 % |
| $\text{TiO}_2$          | 3,0 — 3,5, %  |
| Gubici žarenjem         | 11,7 — 12,2 % |

**Područje Nikšića.** — U području Nikšića, u Crnoj Gori, nalaze se veoma značajna ležišta boksita, koja sadrže najveći deo danas poznatih rezervi boksita u Jugoslaviji. Pored ležišta crvenih boksita, u ovom području nalaze se i veoma ozbiljne mase belih boksita.

Boksitonošno područje Nikšića zahvata površinu od preko 1.000 km<sup>2</sup>. Posebno velika ležišta boksita se nalaze istočno od Nikšića (sl. 5).

**Geološki sastav boksitonošnog područja.** — Područje u kome se nalaze ležišta boksita izgrađeno je od raznovrsnih litoloških članova, među kojima najšire rasprostranje imaju karbonatne stene.

Najstarijim geološkim tvorevinama, danas otkrivenim u ovome području, pripadaju permski belerofonski krečnjaci, koji, međutim, nemaju šire rasprostranjenje. Mezozojski sedimenti prekrivaju daleko najveći deo boksitonošnog područja. Trijas je razvijen u faciji krečnjaka i dolomita, koje prate porfiriti i rožnaci, sa mestimičnim pojavama montmorilonita. Jura i kreda su zastupljeni uglavnom krečnjacima i dolomitima, koji mestimično prelaze u laporovite krečnjake i laporce; gornjokredni fliš nema šire razviće u oblasti sa boksitnim ležištima. U bližoj okolini Nikšića fluvioglacijalni materijal prekriva velika prostranstva.

U mezozoiku ne postoji neprekidnost sedimentacije, već se jasno ističu prekidi

Tablica 8

|                         | $\text{Al}_2\text{O}_3$ | $\text{SiO}_2$ | $\text{Fe}_2\text{O}_3$ | $\text{TiO}_2$ | Gub. žarenjem |
|-------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------|----------------|---------------|
| Posušje : Studena vrela | 50,65                   | 3,79           | 20,03                   | 4,19           | 19,13         |
| Posušje : Vučipolje     | 55,53                   | 1,65           | 25,44                   | 2,65           | 13,96         |
| Mostar : Čitluk         | 58,81                   | 0,83           | 20,60                   | 3,32           | 16,20         |
| Mostar : Čitluk         | 56,35                   | 3,22           | 20,86                   | 3,22           | 16,21         |
| Stolac : Domanović      | 50,95                   | 1,68           | 23,33                   | 2,41           | 21,63         |

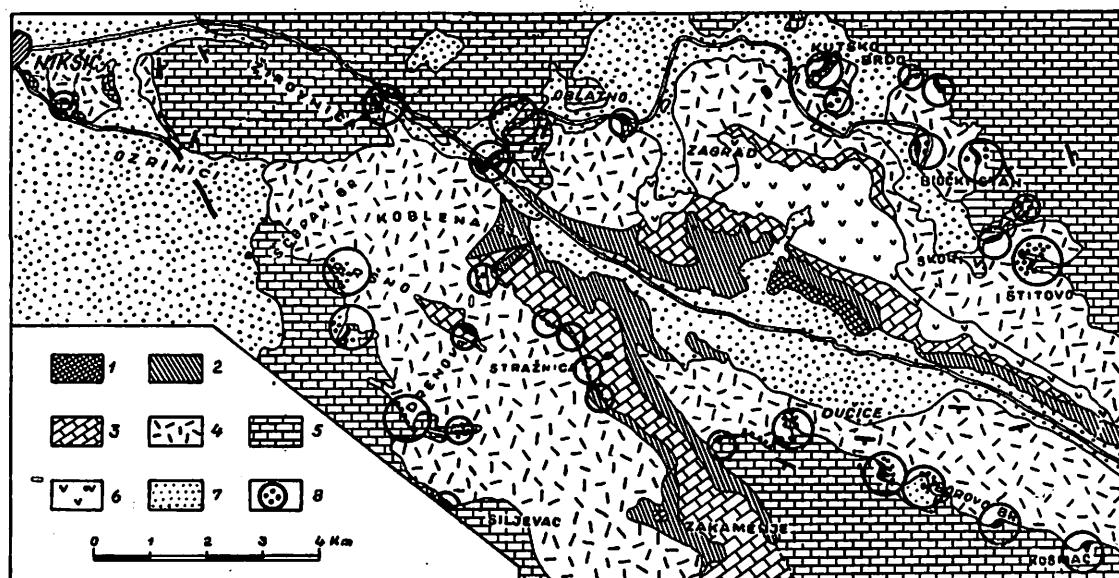
koji odgovaraju kontinentalnim fazama, sa kojima je u osnovi i vezano stvaranje ležišta boksita. Paleorelief, koji predstavlja obično podinu boksitnih ležišta, karakteriše se istaknutim krečnjačkim »piramidama« (slika 1).

*Stratigrafski položaj ležišta.* — Ležišta boksita se nalaze u karbonatnim stenama, pretežno u krečnjacima, i zauzimaju određeni stratigrafski nivo. Obično su obrazovana u temenim delovima antiklinala, ređe na bokovima antiklinala; to je naročito čest slučaj u rejonu istočno od Nikšića.

Prema stratigrafskom položaju u mezojskim sedimentima, mogu se izdvojiti:

— Najstarija ležišta se nalaze između srednjeg trijasa i rabeljskih slojeva. Podina im je predstavljena različitim litološkim fajcijama: katkad su to krečnjaci, katkad rožnaci i tufovi sa proslojcima montmorilonita. Toj grupi ležišta pripada i ležište Gornje Polje.

Prema obliku, ta ležišta pripadaju grupi slojevitih sa mestimičnim prelazima u jako izdužena sočiva. Moćnost ležišta te grupe je obično 1—2 m (boksitna ležišta u zoni Ploča-Lokve), katkad i 6—8 m (Gornje Polje). U tim ležištima pored crvenog boksita, postoje i manji proslojci belog boksita (obično u najvišim nivoima ležišta) i ugljevita supstanca.



Sl. 5 — Boksonosni tereni istočno od Nikšića (geološka služba rudnika)

1 — gornjopermski krečnjaci; 2 — verfensi slojevi; 3 — srednjotrijski krečnjaci i rožnaci; 4 — gornjotrijski krečnjaci i dolomiti; 5 — trijaski porfiriti; 6 — fluvioglacijalni materijal; 7 — izdanci boksitnih ležišta.

Abb. 5 — Bauxitführende Terraine östlich von Nikšić (Geologische Dienststelle des Bergwerkes).

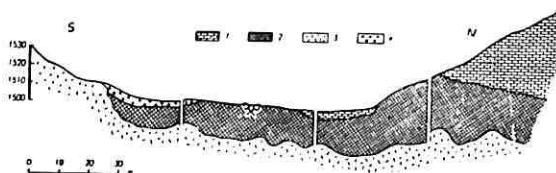
1 — Oberpermische Kalke; 2 — Werfener Schichten; 3 — mitteltriassische Kalke und Hornsteine; 4 — obertriassische Kalke und Dolomite; 5 — oberkretazische Kalke; 6 — triasische Porphyrite; 7 — fluvioglaziales Material; 8 — Ausbisse der Bauxitlagerstätten.

Tablica 9

|                        | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>% | SiO <sub>2</sub><br>% | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>% | TiO <sub>2</sub><br>% | Gub. žarenjem<br>% |
|------------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Grmeč : Tihotina       | 63—71                               | 2,4—5,6               | 8,9—16,1                            | 2,2—3,2               | 12,5—13,7          |
| Grmeč : Šuma           | 65,34                               | 3,4                   | 14,86                               | 2,40                  | 14,0               |
| B. Krupa : D. Suvaja   | 62—67                               | 1,8—3,5               | 20—21                               | do 3,0                | 10—12              |
| B. Krupa : Crveni Grič | 55,71                               | 2,25                  | 25,35                               | 2,16                  | 10—12              |

Boksit u ležištu Gornjeg Polja je uglavnom bermitskog tipa. Pored bermita, S. Luković je ustanovio i prisustvo hematita, magnetita, maghemita, siderita i kaolinita, kao i neznatnih primesa kalcita, piriti i halkopirita. Posebno je interesantna pojava sideritskog tipa bermitskog boksita, zapažena dosada u našoj zemlji samo u tome ležištu.

Kvalitet boksita u toj grupi ležišta je veoma promenljiv. Posebno široka kolebanja pokazuju sadržaji silicije, katkad i  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , tako da isto ležište sadrži i bilansne i vanbilansne mase. Ekonomski značaj trijaskih ležišta boksita je mali.



Sl. 6 — Profil kroz Đurakov do, Nikšić (geološka služba rudnika).  
1 — kredni krečnjak; 2 — boksit; 3 — trijaski krečnjak;  
4 — fluvioglacijalni materijal.

Abb. 6 — Profil durch Đurakov-Do, Nikšić (Geologische Dienststelle des Bergwerkes).  
1 — Kretazischer Kalkstein; 2 — Bauxit; 3 — Triaskalke;  
4 — fluvioglaziales Material.

— Ležišta boksita koja se nalaze između gornjeg trijasa i titonvalendijskih krečnjaka su najrasprostranjenija i ekonomski najznačajnija ležišta u području Nikšića.

Moćnost slojevitih naslaga boksita prelazi katkad i 30 m, obično je 6—10 m. Po pružanju i padu, ležišta i njihovi izdanci, mogu se pratiti i više stotina metara. Kvalitet boksita iz tih ležišta je pretežno dobar; u podinskim delovima ležišta, pri prelazu u glinoviti materijal, dolazi do naglog povećavanja silicije.

— Treći boksitonosni horizont se nalazi između lijasa i titonvalendijskih krečnjaka. Ležišta u tom stratigrafiskom nivou su pričinjeno retka, jedno od njih je i ležište Milanovac. Promenljivost kvaliteta boksita iz tih ležišta i njihov mineralni sastav nije dosad bliže proučavan.

— Najmlađa ležišta boksita u rejonu Nikšića vezana su za granicu titon-kreda i nalaze se uglavnom istočno od Nikšića.

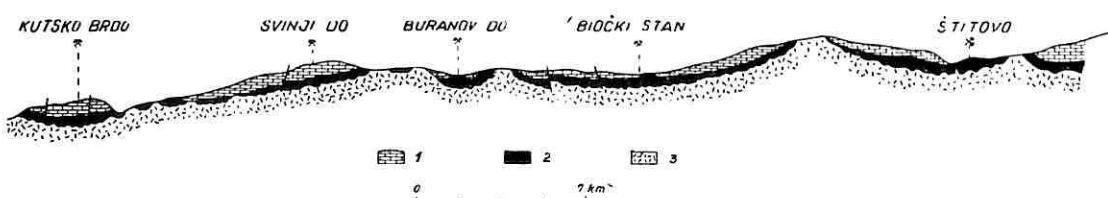
*Morfološke odlike.* — Prema obliku, ležišta boksita u području Nikšića se mogu podeliti u slojevita, gnezdana, sočivasta i nepravilna stubasta rudna tela.

Slojevita ležišta imaju široko rasprostranjenje i ekonomski su najznačajnija ležišta boksita. Podina tih ležišta je nepravilnog oblika, predstavljena razuđenim krečnjačkim paleoreliefom. Povlatna granična površina je obično oštro izražena. Otuda ležište boksita ima oblik sloja ograničenog sa dve neparalelne površine, sa znatnim pružanjem (sl. 6). Moćnost tih slojevitih ležišta je obično nekoliko metara, katkad i preko 20—25 m (Biočki Stan, Crvena Kita).

Slojevi boksita najčešće zaležu vrlo blago i mogu se pratiti na rastojanjima od više kilometara. Na sl. 7 prikazan je geološki profil kroz terene u kojima se danas nalaze najznačajnija ležišta boksita u području Nikšića.

Sočiva i gnezda boksita imaju mnogo manje rasprostranjenje. Katkad su to i zaostali delovi slojevitih ležišta, čija je krovina erodovana (sl. 8). Ležišta toga tipa imaju obično male razmere, i ekonomski nisu posebno interesantna, ukoliko nema više takvih ležišta grupisanih na relativno uskom prostoru.

*Mineralni sastav boksita.* — Boksiti nikšćkog područja su u osnovi monohidratnog



Sl. 7 — Profil kroz boksitonosni rejon istočno od Kutskog brda kod Nikšića (geološka služba rudnika)

1 — kredni krečnjak; 2 — boksit; 3 — trijaski krečnjak.  
Abb. 7 — Profil durch das bauxitführende Gebiet östlich vom Kutsko-Berg bei Nikšić (Geologische Dienststelle des Bergwerkes).

1 — kretazischer Kalk; 2 — Bauxit; 3 — Triaskalke.

tipa; trihidratni boksit je veoma redak (ležište u Bunićima); beli boksiti su pretežno bemitskog tipa.

Pored bemita i dijaspora, delom i hidrargilita, javljaju se i kaolinit, hematit, getit, hidrogetit, kalcit, ređe magnetit, pirit. Pirit je posebno česta komponenta u belim boksimima, kada obrazuje manje mugle.

*Kvalitet boksite.* — Prema osnovnim pokazateljima kvaliteta crveni boksići nikšićkog područja pripadaju u osnovi visoko-kvalitetnim rudama:

|                                |        |
|--------------------------------|--------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 59,72% |
| SiO <sub>2</sub>               | 2,80%  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 21,28% |
| TiO <sub>2</sub>               | 3,12%  |
| Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0,09%  |
| MnO                            | 0,32%  |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,05%  |
| CaO                            | 0,22%  |
| MgO                            | 0,06%  |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>  | 0,80%  |
| Gubici žarenjem                | 12,26% |

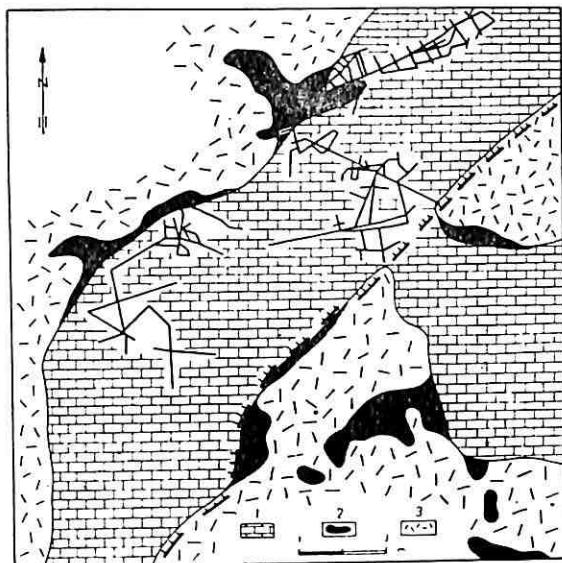
**R e j o n U l c i n j a.** — U rejonu Ulcinja postoji više ležišta boksite, lokalizovanih u nekoliko rudonosnih zona (sl. 9). Ekonomski značaj tih ležišta je mali.

Boksitna ležišta ulcinjskog rejonu su mlađa od nikšićkih ležišta. Kao podina ovih ležišta javljaju se obično kredni krečnjaci, ređe su to alveolinski krečnjaci. Povlata je predstavljena eocenskim foraminiferskim krečnjacima; još uvek se ne može smatrati definitivno rešenim bliža starost povlatnih krečnjaka.

Rudna tela imaju oblik gnezda, sočiva i džepova, a lokalizovana su pretežno u sinklinama. U boksimu preovlađuju pizoliti.

Mineralni sastav ulcinjskih boksite je nedovoljno proučen. Najverovatnije da su u pitanju bemitski boksići sa promenljivim

niskim udalom hidrargilita i možda dijaspora. Hemski sastav boksite pojedinih ležišta iz rejona Ulcinja, prema P. Buriću, je (u %) prikazan u tablici 10.

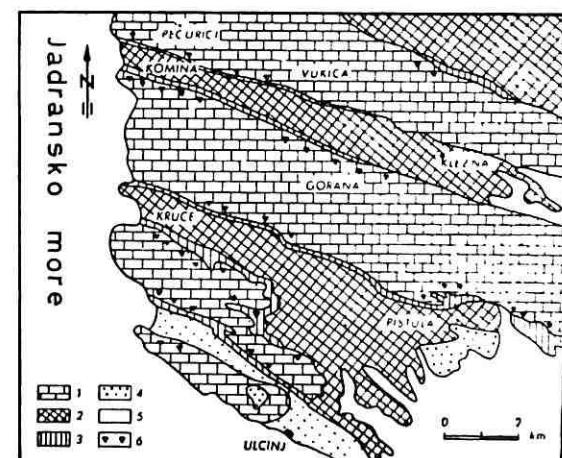


Sl. 8 — Geološka karta boksitnog ležišta Kutsko brdo (geološka služba rudnika)

1 — krečnjaci gornje krede; 2 — boksit; 3 — trijaski krečnjak.

Abb. 8 — Geologische Karte der Bauxitlagerstätte Kutsko-Berg (Geologische Dienststelle des Bergwerkes).

1 — Oberkrettazische Kalke; 2 — Bauxit; 3 — Triaskalke.



Sl. 9 — Geološka karta boksonosnih rejona Ulcinja  
1 — gornja kreda; 2 — gornjoeocenski fliš; 3 — srednjo-eocenski alveolinski krečnjaci; 4 — miocen; 5 — kvartar; 6 — ležišta i pojave boksite.

Abb. 9 — Geologische Karte der bauxitführenden Gebiete von Ulcinj.

1 — Oberkreide; 2 — obereozäner Flysch; 3 — mitteleozäne Alveolinenkalke; 4 — Miozän; 5 — Quartär; 6 — Bauxitlagerstätten und Bauxitvorkommen.

Tablica 10

|                                | Zoganj  | Velika Gorana | Mala Gorana |
|--------------------------------|---------|---------------|-------------|
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 45—57   | 53,3          | 51—64       |
| SiO <sub>2</sub>               | 4—18    | 5,9           | 2,5—10,0    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 16—23   | 20,5          | 15—24       |
| TiO <sub>2</sub>               | 3,0—3,2 | 3,07          | 3,0—3,3     |
| Gub. žarenjem                  | 14—16   | 14,9          | 13,4—15,0   |

S obzirom na male razmere, ležišta ovoga rejona su bez većeg ekonomskog značaja.

**Vlasenica.** — Između Vlasenice i Srebrnice u istočnoj Bosni nalaze se značajna ležišta boksita, koja je detaljnije prikazao M. Jeremić.

Starost ovih ležišta, još uvek nije pouzданo utvrđena. Nesumnjivo je, da je podina predstavljena gronjotrijaskim krečnjacima. Pošto je povlata erozijom skinuta, to je teško reći koji su sedimenti ležali neposredno iznad boksita. Prema pojedinim podacima, povlatu čine senonski sedimenti, dok se prema drugim povlata sastojala od tercijarnih sedimenata.

Vlasenički boksići su pretežno bemsitskog tipa, sa visokim sadržajem gvožđa (»željezoviti boksići«). Kvalitet boksita je veoma pro-

menljiv. Sadržaj pojedinih komponenti varira u širokim granicama (tablica 11).

Tablica 11  
Hemijski sastav vlaseničkih boksića  
(po M. Jeremicu)

| Ležište            | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>% | SiO <sub>2</sub><br>% | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub><br>% | TiO <sub>2</sub><br>% | Gub. žarenjem<br>% |
|--------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|
| Pribojević         | 53,46                               | 4,48                  | 25,38                               | 3,15                  | 12,06              |
| Lipa               | 40,37                               | 1,34                  | 41,61                               | 4,70                  | 9,72               |
| Mihajlova krčevina | 56,28                               | 1,18                  | 24,75                               | 3,45                  | 11,74              |
| Palež              | 54,16                               | 1,76                  | 30,45                               | 3,67                  | 10,02              |
| Nazda              | 33,58                               | 2,68                  | 50,20                               | 3,89                  | 9,86               |
| Džile              | 53,20                               | 1,60                  | 30,08                               | 2,12                  | 11,31              |
| Adamović           | 52,98                               | 17,32                 | 15,49                               | 2,05                  | 12,34              |
| D. Vrsinje         | 29,35                               | 19,62                 | 40,32                               | 3,70                  | 9,44               |

### ZUSAMMENFASSUNG

#### Die metallogenetischen Epochen und metallogenetischen Bereiche des Bauxits in Jugoslawien

Prof. dr ing. S. Janković\*)

#### Lagerstättentypen

In Jugoslawien können alle Bauxitlagerstätten in zwei Typen eingeteilt werden: Kalksteintyp und lateritische Lagerstätten im Silikattyp entwickelt. In wirtschaftlicher Hinsicht stellen die im Kalksteintyp, entwickelten Lagerstätten die weitaus wichtigsten Lagerstätten dar, denn Bauxite des Silikattyps besitzen eine nur beschränkte lokale Bedeutung.

**Lagerstätten des Kalksteintyps.** — Diese Lagerstätten finden sich in der weit ausgedehnten Kalksteinzone der Dinariden. Sie entstanden durch Ausfüllungen des Paläo-Karstreliefs in Kalksteinen, seltener Dolomiten; das Hangende wird aus flachen, vorwiegend aus Kalkstein aufgebauten Schichten gebildet (Abb. 1). Im Liegenden treten, stellenweise neben Tonen auch dünne Lignitflöze auf (in einzelnen Lagerstätten westlich von Nikšić).

Der Form nach können geschichtete, linsen- und nesterförmige Lagerstätten unterschieden werden; die nach der Erzbildung erfolgten Bewegungen führen zu Brucherscheinungen in den primären Lagerstätten. Die Ausmasse der Lagerstätten sind sehr veränderlich — von 20—30 t bis mehrere Millionen Tonnen.

Die Bauxitausbisse können mehrere, auch 20—30 km lang verfolgt werden. Der Koeffizient der Bauxitführung, der durch das Verhältnis der Ausbisslänge zur Gesamtlänge des Kontaktes mit den Formationen, die Bauxit enthalten, ausgedrückt wird, ist sehr schwankend (von 0,01 bis 0,5).

Dem Mineralbestand nach gehören die Bauxite dem böhmischen und diasporischen Typ an; auch Mischtypen des monohydratischen Bauxits sind anzutreffen.

Tritydratische Bauxite (Hydrargilit-Typ) sind weniger verbreitet und mit monohydratischen Bauxiten vergesellschaftet; eine etwas größere Ausdehnung haben Hydrargilite in den Lagerstätten von Drniš und in einzelnen Lagerstätten der Herzegowina. Begleitminerale sind Hämatit, Göthit, Tonminerale (Kaolinit, Halloysit u.a.m.). Die Untersuchung des Mineralbestandes eines Grossteiles der Lagerstätten ist nicht endgültig ausgeführt.

\*) Dr ing. Slobodan Janković, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

In Bezug auf die einzelnen Komponenten bestehen in den Bauxitlagerstätten grosse Abweichungen, insbesonders in Bezug auf den SiO<sub>2</sub>-Gehalt. Ein Grossteil der jugoslawischen Bauxite enthalten einen verhältnismässig grossen Anteil an Aluminium (in der Regel 52—59% A<sub>2</sub>O<sub>3</sub>); der Siliziumgehalt schwankt von einigen % bis 25% SiO<sub>2</sub>. Es wurde auch stellenweise ein TiO<sub>2</sub>-Gehalt (bis 6%) festgestellt, sowie ein mehr oder weniger ständiger Vanadium-Gehalt. In Tabelle 1 (siehe serbischen Text) wird die chemische Zusammensetzung der Bauxite aus einzelnen Lagerstätten gegeben.

#### Lagerstätten des Silikatyps

Diese Lagerstätten entstanden durch Verwitterung silikatischer, in erster Linie magmatischer Gesteine. Bei Verwitterung von ultrabasischen Gesteinen können stellenweise auch eisenhaltige Bauxite vorgefunden werden.

Die Bauxitlagerstätten in Slovenien, im Save-Tal, entstanden durch Verwitterung triassischer Porphyrite. Die Umwandlungen die durch die lateritische Verwitterung hervorgerufen wurden, können am besten durch Vergleiche der Analysen der Porphyrite und ihrer Zerfallprodukte dargestellt werden (nach E. Ditler). (Siehe Tabelle 2 im serbischen Texä.)

Die Bauxite überlagern den Porphyrit in allmählichem Übergang; die Mächtigkeit der bauxitführenden Decke beträgt im allgemeinen bis einige Meter.

Eisenhaltige Bauxite sind nur auf Serpentinmassiven entwickelt (Trstenik bei Kosovska Mitrovica). Lagerstätten dieses Typs besitzen vorwiegend kleine Ausmasse und sind wirtschaftlich ohne besonderer Bedeutung.

#### Metallogenetische Epochen

Die Bauxitlagerstätten wurden mehrmals im Zeitraum der altalpinischen und alpinischen metallogenetischen Epoche gebildet. Ihre Bildung und Anordnung stehen in enger Verbindung mit der Entwicklung der dinarischen Geosynklinale, den intrageosynkinalen Bewegungen, intrageosynkinalen und Cordillieren-Festländern. Bei Berücksichtigung der rhythmischen Bildung des Festlandes und dessen erneuten Über schwemmung, treten die Bauxitlagerstätten in mehreren stratigraphischen Horizonten auf.

Die altalpinische Epoche wird durch zahlreiche Lagerstätten, die mehrmals in der Trias, Jura und Kreide entstanden, gekennzeichnet. Die alpischen, bzw. tertiären Lagerstätten werden in der Hauptsache durch paläogene Bildungen vertreten.

Es können folgende, in den einzelnen Epochen entstandenen Bauxitlagerstätten unterschieden werden:

a) Triassische Bauxitlagerstätten. — In Triasbildungen der Dinariden finden sich die ältesten Lagerstätten nicht im selben stratigraphischen Horizont. Das Liegende der Bauxitlagerstätten bilden in der Regel mitteltriassische Kalke, die von Bildungen der oberen Trias überlagert werden (südwestliche Lika — mit karnischen Schichten als Hangendes) oder mitteltriassische Kalke mit Hornsteinen und Tuffen mit Montmorillonit-Einlagerungen als Liegendes und mit Raibler-Schichten im Hangenden (Gornje Polje bei Nikšić). Nordwestlich von Knin liegen die Bauxitlagerstätten auf den karnischen Schichten und werden von Liassedimenten überlagert.

b) Jurassische Bauxitlagerstätten finden sich in der Hauptsache westlich und südwestlich von Nikšić, in der Zone gegen Trebinje—Lastva. Eine besonders wirtschaftliche Bedeutung besitzen die Lagerstätten zwischen der oberen Trias und den Titon—Valendiskalken; diese Lagerstätten haben keine grössere Ausdehnung.

c) Kretazische Bauxitlagerstätten befinden sich vorwiegend in West-Istrien, zwischen der Unter- und Oberkreide.

d) Tertiäre Lagerstätten sind in den jugoslawischen Gebieten sehr verbreitet, besonders in der Herzegowina und Dalmatien, wo sie verschiedene Horizonte des Paläogens einnehmen.

Ein Grossteil der Bauxitlagerstätten in der Herzegowina und Dalmatien wurde während des mittleren Eozän — im Laufe einer ziemlich ausgeprägten Hebungsphase, gebildet.

Bauxitvorkommen in einzelnen oligomiozänen Süßwasserbecken, z. B. bei Ugrovača in der Herzegowina, können durch Umlagerungen des Bauxit aus früher gebildeten Lagerstätten erklärt werden. Auf Tabelle 3 ist die Lage der jugoslawischen Bauxitlagerstätten und auf Abb. 2 die Lage einzelner wichtiger Lagerstätten, die in verschiedenen stratigraphischen Horizonten entstanden, dargestellt. (Tabelle 3 und Abb. 2 — siehe im serbischen Text).

### L iter a t u r a

- Burić, P., 1956: Ležišta bijelih boksita u Crnoj Gori. — Geol. gl., knj. 1, 143—160, Titograd.
- Burić, P., 1959: Geologija ležišta boksita Crne Gore. — Dokt. disert., Prir. mat. fak., Beograd.
- Cissarz, A., 1956: Lagerstätten und Lagerstättentwicklung in Jugoslawien. — Raspr. Geol. zav. NR Srbije, vol. VI, Beograd.
- Franotović, D., 1954: Boksići Dalmacije, njihova problematika i perspektive. — Rud. met., br. 6, 1604—1611, Beograd.
- Grochowalsky, K., 1940: Postanak boksinih horizonata i boksinih ležaja. — Rud. top. vescn., XII, 1, str. 3—4, Beograd.
- Grubić, A., 1963: The stratigraphic Position of Bauxites the Yugoslav Dinarids. — Symp. sur les bauxit., Acad. Yugosl. Sc. Zagreb, T. I, 51—79.
- Grubić, A., 1964: Les bauxites de la province dinarique (Yougoslavie). — Bull. Soc. Géol. de France, 7, VI, p. 382—388, Paris.
- Haberfelsner, E., 1951: Zur Genese der Bauxite in den Alpen und Dinariden. — Berg. u. Hütten. Monatsh., Bd. 96, 62—69, Leipzig.
- Iveković, H., 1953: O genezi boksita. — Rad Jug. Akad. znan. i umjetn., knj. 296, 169 do 183, Zagreb.
- Takšić, T., 1927/28: Boksići u Hercegovini, a specijalno u okolini Móstara. — Vjesn. Geol. zav., knj. II, 82—120, Zagreb.
- Janković, S., 1956: Karakteristike promenljivosti kvaliteta crvenog boksita u području Nikšića. — Zb. rad. Rud. — geol. fak., 61—68, Beograd.
- Janković, S., 1957: Klasifikacija i kategorizacija rezervi crvenog boksita u području Nikšića. — Rud. met., No. 4, 558 do 567, Beograd.
- Janković, S., 1957: Bauxitvorkommen in Montenegro (Jugoslawien). — Erzmetall, 10, 4, 151—160.
- Janković, S., 1961: Ekonomski geologija. — Posebno izd. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 7, Beograd.
- Jeremić, M., 1957: Ruda železovito-boksinih ležišta Istočne Bosne. — Geol. gl., 145 do 153, Sarajevo.
- Jurković, I., Šakac, K., 1963: Stratigraphical, Paragenetical and Genetical Characteristic of Bauxites in Yugoslavia. — Symp. sur les bauxit., Acad. Yugosl. des Sc., T. I, 235—263, Zagreb.
- Karšulin, M., 1953: Studije o boksimima. — Rad Jug. akad. znan. i umjetn., 292, Zagreb.
- Kerner — Marilaun, F. v., 1916: Geologie der Bauxitlagerstätten des südlichen Teiles der österreichisch-ungarn. Monarchie. — Berg. u. Hüttenm. Jahrb., Bd. 64, 139—170, Leoben.
- Kišpatić, M., 1912: Bauxite des croatischen Karstes und ihre Entstehung. — N. Jb. f. Min., Beil. Bd. 34.
- Luković, S., 1960: O pojavi sideritskog tipa bemitskih boksita u ležištu Gornjeg Polja kod Nikšića. — Zborn. rad. Rud. — geol. fak., sv. 7, Beograd.
- Miholić, S., 1959: Geneza mediteranskih boksita. — Zb. rad. III Kongr. geol. Jug., T. II, Budva—Titograd.
- Mojsilović, S., 1958: Geološka ispitivanja istarskih boksita. — Geol. gl., knj. 2, 267 do 285, Titograd.
- Pavić, A., 1956: Stratigrafski položaj boksita u oblasti između Nikšičkog polja i Ročkih platija, kanjon Morače (Crna Gora). — Vesn. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. XII, 291—320, Beograd.
- Quitzov, W., 1944: Die geologische Stellung der ostadiatischen Bauxitvorkommen. — Z. f. prakt. Geol., 52, 2.
- Sakac, K., 1961: Geološka građa i boksinne pojave područja Novigrad—Obrovac u sjeverozapadnoj Dalmaciji. — Geol. vjesn., 14, Zagreb.
- Stangacilović, D., 1956: Flint clays u crnogorskim boksimima. — Rud. met., No. 7, 1005—1009, Beograd.
- Teleki, G., 1940: Der Bauxit vom Zagorje Hochland (Dalmatien). — Mitt. Jahrsb. k. ung. Anst., Bd. 34, Budapest.
- Tiringer, J., 1954: Opis današnje situacije v nahajališčih boksita na ozemlju LR Slovenije. — Rud. met., No. 6, 1611—1613, Beograd.
- Trubelja, F., 1963: Kemizam hercegovačkih boksita. — Symp. sur les bauxit., Acad. Yugosl. des Sc., Zagreb, T. II, 189—196.
- Tučan, F., 1934: Prilog mineralnom i kemiskom poznavanju ličkih boksita. — Rad Jug. akad. znan. i umjetn., knj. 249, 46—79, Zagreb.
- Vučetić, S., 1956: Ležišta boksita u Hercegovini. — Rud. met., No. 12, 1789—1800, Beograd.
- Weisse, J. G. de, 1949: Les bauxites d'Europe centrale et leur genèse. — Bull. Ass. Suiss. de Geol. et Ing. du Pétrol., vol. 15, No. 49, 19—28.

## Manganska ležišta Jugoslavije

(sa 7 slika)

Prof. dr ing. Slobodan Janković

U Jugoslaviji postoji veći broj ležišta i pojava mangana, stvorenih u više metalogenetskih epoha, pri različitim geološkim i fizičko-hemijskim uslovima, sa raznovrsnim mineralnim asocijacijama. Dosadašnja izučavanja jugoslovenskih ležišta mangana i njegove metalogeneze su bila pretežno fragmentarna, ograničena na pojedina ležišta. Potpunija upoznavanja metalogenije mangana u našim terenima zahtevaju dalja obimnija i sistematski vršena izučavanja.

### Tipovi ležišta

Prema uslovima stvaranja, među danas poznatim ležištima mangana u Jugoslaviji se može da izdvoji više tipova, čije su osnovne karakteristike prikazane u tablici 1.

Među jugoslovenskim ležištima mangana naročito su brojna vulkanogeno-sedimentna ležišta, koja mestimično obrazuju i ekonomski značajne mase. U mnogim ležištima pojavе naknadnog preobražavanja primarnog mineralnog sastava ležišta imaju široko rasprostranjenje, što otežava jednoznačniju i precizniju klasifikaciju ležišta (Cer u Makedoniji).

U pogledu mineralnog sastava manganska ležišta naše zemlje su veoma malo izučavana, manje nego ležišta većine ostalih metala; izuzetak čine vulkanogeno-sedimentna ležišta, čiji je mineralni sastav detaljnije obradio V. Vučanović (1963). Otuda ovaj prikaz jugoslovenskih ležišta mangana — tipovi ležišta i njihova pripadnost odre-

đenim metalogenetskim epohama — obuhvata pretežno samo njihove osnovne karakteristike.

### Hidrotermalna ležišta

U pojedinim jugoslovenskim olovo-cinkovim ležištima, nastalim u alpskoj metalogenetskoj epohi, a genetski vezanim sa jednom intermedijarnom magmom, obrazovane su katkad i značajnije koncentracije mangana.

Mangan se u ovim ležištima javlja uglavnom u vidu karbonata i Mn-Fe karbonata-mešanaca (rodohrozit, oligonit, mangan-siderit), praćen i promenljivim koncentracijama olovo-cinkovih minerala. Manganski i manganonosni minerali stvoreni su pretežno u mezotermalnom domenu, na prelazu i, delom, u epitermalnom području. U pojedinim olovo-cinkovim ležištima obrazovanje manganonosnih masa izvršeno je u okviru posebnih, obično mlađih faza mineralizacionog ciklusa.

Sadržaj mangana u ovim kompleksnim, primarnim rudama je, uglavnom, nizak — najčešće 5—15% Mn, ređe preko 20—25% Mn.

Oksidacijom primarnih rudnih tela došlo je u pojedinim ležištima do obogaćivanja mangansom — sadržaj mangana u rudi i do 25—30%, samo izuzetno više. U mineralnom sastavu sekundarno obrazovanih ruda prevladaju psilomelan, manje piroluzit (obično duž prslina i manjih pukotina).

S obzirom na nizak sadržaj mangana, korišćenje tih ruda danas još uvek nije eko-

nomično; potencijalno, ležišta ovoga tipa mogu se smatrati značajnim izvorima manganskih i fero-manganskih ruda, kada se reši problem tehnologije ekstrakcije manga.

Među važnijim hidrotermalnim ležištima mogu se izdvojiti Novo Brdo, Zletovo, Trepča.

#### Vulkanogeno-sedimentna ležišta

Vulkanogeno-sedimentna ležišta se veoma često javljaju u okviru Dinarske metalogenetske provincije kao određeni stratigrafski članovi paleozoika i mezozoika. Prema uslovima postanka pripadaju sedimentnim tvorevinama, dok je poreklo mangana uglavnom magmatogeno. Prostorno i genetski, ležišta ovoga tipa su u tesnoj vezi sa porfirit-rožnim, ređe dijabaz-rožnim formacijama. Sastavni deo rožnih formacija su i glinoviti peščari, obično tufiti, katkad i manje interkalacije krečnjaka.

Vulkanogeno-sedimentna ležišta imaju pretežno oblik sočiva i gnezda, lokalizovanih u rožnačkoj formaciji; katkad rudna tela imaju i oblik nepravilnih slojeva. Pri formiranju ležišta ili rudonosnih rožnačkih formacija zapaža se često i ritmičnost, koja se ogleda u višefaznom obaranju manganskih minerala, individualisanih, ili intimno proraslih jaspisima ili glinovitom supstancom.

Razmere vulkanogeno-sedimentnih ležišta su obično male. Iako rudonosna rožnačka formacija može da ima i veoma veliko rasprostranjenje, manganske koncentracije koje se javljaju u okviru te formacije su vezane samo sa određenim delovima. Često koeficijent rudonosnosti ne prelazi ni 0,1.

Mineralni sastav ruda vulkanogeno-sedimentnih ležišta je relativno jednostavan. Rudni minerali su pretežno oksidi — psilomelan, piroluzit, manganit, braunit. U mnogim ležištima se veoma jasno ističu preobražavanja primarnog mineralnog sastava i

Tablica 1

#### Najvažniji tipovi manganskih ležišta u Jugoslaviji

| Tip ležišta            |                          | Mineralni sastav (značajniji minerali)                              | Metalogenetska epoha | Ležišta                         |
|------------------------|--------------------------|---|----------------------|---------------------------------|
| Hidrotermalna          | žična                    | Mn-siderit, oligonit, rodrozit, psilomelan, delom sulfidi olovcinka | alpska epoha         | Zletovo                         |
|                        | metasomatska             |   |                      | Novo Brdo, Trepča, Prlina i dr. |
| Vulkanogeno-sedimentna | dijabaz rožna formacija  | braunit, kriptomelan, manganit, romanešit                           | staroalpska epoha    | Uvac, Rudo                      |
|                        | porfirit rožna formacija | psilomelan, branit, ređe piroluzit, hematit                         | "                    | Bar, Sinjavina, Čevljanović     |
|                        | Fe-ležišta               | psilomelan, Mn-siderit  | "                    | Vareš                           |
|                        |                          | psilomelan, manganit, braunit, ređe hematit                         | hercinska epoha      | Stogovo, Bistra                 |
| Manganski šeširi       |                          | psilomelan, piroluzit, katkad i halkofanit, karbonati olova i cinka | alpska epoha         | Kaznović, Novo Brdo             |
| Infiltraciona          |                          | psilomelan, piroluzit, braunit                                      | "                    | Arilje, Drača                   |
| Sedimentna             |                          | romanešit, braunit, delom hematit                                   | hercinska epoha      | Cer, Ninev kamen                |
| Metamorfogena          |                          | rodonit, spesartit, hollandit, biksbit, sitaparit, hausmanit        | "                    | "                               |

obrazovanje raznovrsnih mineralnih asocijacija, koje je detaljnije prikazao V. Vujošić (1963). Pored minerala mangana zapažaju se i minerali gvožđa (hematit); posebno široko rasprostranjenje imaju jaspisi koji su katkad veoma intimno prorasli sa mineralima mangana.

Među raznovrsnim asocijacijama elemenata koje se zapažaju u vulkanogeno-sedimentnim ležištima posebno je karakteristično udruživanje mangana i gvožđa. Mangan i gvožđe, izluženi kiselim rastvorima iz vulkanskih submarinskih izliva, imali su posebne geohemiske puteve, kontrolisane u prvom redu različitim stepenom rastvorljivosti mangana i gvožđa, kao i veličinama pH i redoks potencijala. S obzirom na promenljive vrednosti pH i Eh, stepen razdvajanja mangana i gvožđa iz zajedničkih rastvora nije uvek isti. Otuda postoje ležišta mangana sa višim ili nižim sadržajem gvožđa, mestimično sa prelazima u ležišta gvožđa sa niskim sadržajem mangana.

Pored gvožđa, vulkanogeno-sedimentna ležišta sadrže i niz drugih elemenata, među kojima se posebno ističe silicija, a u neposredivo manjoj meri, i barijum, arsen i drugi.

Tablica 2

Sadržaj pojedinih pratećih elemenata u vulkanogeno-sedimentnim ležištima mangana u Jugoslaviji (g/t)

| Element    | Ležišta     |          |                     |
|------------|-------------|----------|---------------------|
|            | Čevljanović | Bistra   | Crnogorsko primorje |
| Bakar      | 0—3500      | 0—800    | 0—1100              |
| Olovo      | 0—2500      | 0—350    | 0—550               |
| Nikl       | 100—5500    | 100—3000 | 10—400              |
| Kobalt     | do 150      | do 180   | 2—200               |
| Molibden   | 0—200       | do 75    | 5—160               |
| Vanadijum  | do 180      | do 300   | do 300              |
| Barijum    | do 4000     | do 3200  | 300 do 1%           |
| Stroncijum | do 1600     | do 500   | 5—150               |
| Arsen      | do 8000     | do 7200  | —                   |
| Hrom       | do 4500     | do 2100  | do 500              |

U tablici 2 prikazan je sadržaj pojedinih elemenata u pojedinim vulkanogeno-sedimentnim ležištima u našoj zemlji (V. Vujošić). Pada uoči visok sadržaj arsena u ležištima Čevljanovića i Bistre, i barijuma u ležištima mangana u Crnogorskom primorju. Posebno su interesantne koncentracije nikla, olova i bakra; koncentracije nikla

su proporcionalne koncentracijama hroma, što nesumnjivo ukazuje na isto poreklo ovih metala — bazične i ultrabazične stene.

Sadržaj mangana u rudama vulkanogeno-sedimentnih ležišta je obično nizak — najčešće 30—35%; u obogaćenim delovima zapažaju se i sadržaji od 44—48%. Ruda se obično odlikuje i visokim sadržajima silicije (obično 15—20% SiO<sub>2</sub>, samo izuzetno ispod 15% SiO<sub>2</sub>). Naročito povišene koncentracije mangana zapažaju se u delovima sa sekundarnim mineralima mangana (najčešće duž sistema prslina).

Najvažnijim našim ležištima ovoga tipa pripadaju Čevljanović, Bužim, rejon Rudog, Kozare, Crnogorskog primorja.

#### Infiltraciona ležišta

Pod uticajem površinskih agensa dolazi do raspadanja primarnih ležišta mangana ili manganonosnih stena, izluživanja mangana, njegovog prelaženja u rastvor i ponovnog obaranja; dužina transporta može biti i značajnija, ali je obično u našim uslovima mala.

Pojave infiltracije su vrlo česte u našim manganonosnim oblastima, naročito u domenu vulkanogeno-sedimentnih ležišta. Ponovo obaranje mangana vrši se pod uticajem različitih faktora, među kojima hemijske karakteristike okolnih stena imaju posebno značajno mesto; među ovim poslednjim su naročito interesantni krečnjaci.

Infiltraciona ležišta javljaju se obično u vidu manjih mugli kompaktne rude, ređe imaju oblik štokverka, nastalog ispunjavanjem prerudnih prslina i tanjih pukotina. Pošto procesi infiltracije nisu praćeni značajnjim potiskivanjem okolnih stena, to su oblici rudnih tela uslovjeni oblikom i razmerama prostora u kome je vršeno obaranje mangana iz rastvora.

U mineralnom sastavu ruda infiltracionih ležišta preovlađuju oksidi. Često šire rasprostranjenje ima piroluzit. U rudnim telima obrazovanim u krečnjacima udeo silicije je obično veoma nizak (»bazična ruda«).

Rezerve ruda u ležištima ovoga tipa kod nas su obično neznatne — nekoliko desetina tona, ređe stotine do nekoliko hiljada tona rude.

### **Metamorfogena ležišta**

Duboka i bitna preinačavanja primarnih ležišta mangana su u našim terenima retka. Istina pod uticajem regionalnih tektonskih pokreta dolazi do izvesnog preobražavanja pojedinih ležišta mangana, ali su te promene nedovoljnog intenziteta da bi se novostvorenni produkti mogli tretirati kao metamorfogena ležišta.

Sem pojava regionalnog metamorfizma, zapažaju se i promene nastale pod termičkim uticajem mlađih magmatskih masa, koje su se utisle u terene sa ležištima mangana. Pri termičkoj metamorfozi dolazi do oslobođenja vode iz pojedinih manganskih minerala, koji prelaze u minerale mangana bez vode; oslobođena voda, zagrejana, može na sebe da preuzme ulogu hidrotermi, da vrši razlaganja primarnog mineralnog sastava rudišta i prevođenja pojedinih komponenti u rastvor; pod određenim uslovima vrši se obaranje pojedinih minerala iz rastvora, najčešće duž sistema prslina. Pri tome je dužina transporta obično neznatna. Epigenetski karakter novonastalih tvorevina čini složenijim tumačenje geneze pojedinih ležišta.

Pojave metamorfisanja primarnih ležišta zapažaju se uglavnom kod sedimentnih i vulkanogeno-sedimentnih ležišta.

Među tvorevine metamorfizma manganskih ležišta možemo uvrstiti pojedina ležišta u rejonu planine Bistre i Cera u Makedoniji.

### **Metalogenetske epohе**

Stvaranje manganskih ležišta u terenima Jugoslavije odvija se u više metalogenetskih epoha, pri čemu postoji i određeni odnos između tipova ležišta i vremena njihovog stvaranja u okviru evolucije dinarske geosinklinale. Najstarijim tvorevinama pripadaju vulkanogeno-sedimentna ležišta, dok se u okviru kasnijih stadijuma razvoja geosinklinale obrazuju hidrotermalna ležišta; prva su pretežno izgrađena od oksida mangana, u drugima preovlađuju karbonati, praćeni manjim koncentracijama sulfida. Zagledničko im je svima intimna geohemijska povezanost sa gvožđem.

### **Kaledonska metalogenetska epoha**

Na osnovu današnjeg stepena poznavanja naših ležišta mangana ne možemo bez iz-

vesne rezerve govoriti o ležištima toga meta-tala nastalim u kaledonskoj epohi.

Ležištima te epohе moglo bi se pridružiti pojave manganske mineralizacije u domenu Šar planine; prema tipu orudnjenja, to su vulkanogeno-sedimentna ležišta, prostorno i genetski vezana sa tvorevinama prih stadijuma razvoja geosinklinale.

### **Hercinska metalogenetska epoha**

U okviru ležišta hercinske metalogenetske epohе izdvajaju se ležišta nastala u okviru geosinklinale — vulkanogeno-sedimentna ležišta, tesno povezana sa promenljivim koncentracijama gvožđa, praćena rožnacima. Naročito široko rasprostranjenje imaju u domene planine Bistre u zapadnoj Makedoniji.

Genetska povezanost pojedinih pojava manganske mineralizacije sa određenim magmato-tektonskim događajima u okviru dinarske geosinklinale se više može pretpostavljati nego pouzdano dokazati. Tim pojavama pripada i ležište Cer u zapadnomakedonskoj rudnoj oblasti.

### **Staroalpska metalogenetska oblast**

Najveći broj jugoslovenskih ležišta mangana formiran je u staroalpskoj epohi. Prema današnjem stepenu poznавanja metalogenije mangana u našim terenima, u okviru staroalpske epohе obrazovana su uglavnom vulkanogeno-sedimentna ležišta, koja se u osnovi mogu povezati sa srednjotrijaskom (ladinskom) porfirit-rožnačkom formacijom i jurskom dijabaz-rožnom formacijom; srednjotrijaska ležišta su znatno češća i ekonomski interesantnija.

### **Alpska metalogenetska epoha**

U alpskoj epohi se stvaraju uglavnom hidroermalna ležišta, genetski vezana sa dacitsko-andezitskim magmatskim kompleksima, kao i ležišta površinskog raspadanja.

Manganska hidroermalna ležišta alpske epohе često pokazuju tesnu povezanost sa ležištima olovo-cinka — prostornu i genetsku, pri čemu se mangan javlja u vidu karbonata ili mešanaca mangan karbonata i Fe-karbonata.

### **Metalogenetska područja**

Manganska ležišta Jugoslavije smeštena su pretežno u okviru Dinarske i Srpsko-ma-

kedonske metalogenetske provincije; pojave Mn-mineralizacije u domenu istočnosrpske metalogenetske oblasti odnosno Karpato-balkanske provincije su bez većeg rasprostranjenja.

### Dinarska provincija

Najznačajnija naša ležišta mangana nalaze se u dinarskoj metalogenetskoj provinciji. Ležišta i rudonosni rejoni su razvijeni na širokom prostoru, a prate porfirit-rožnu i dijabaz-rožnu formaciju — počev od Bužima u severozapadnoj Bosni preko srednjobosanskih terena odnosno srednjotrijaskih formacija rejona Konjica-Kalinovik do Sinijavine u Crnoj Gori; ovoj provinciji pripadaju i pojave u Crnogorskom primorju, kao i u rejonu Rudog. Posebno mesto u okviru dinarske metalogenetske provincije pripada zapadnomakedonskoj oblasti gde se nalazi više ekonomski značajnih ležišta mangana.

Među rudonosnim rejonoma i oblastima u dinarskoj provinciji se mogu izdvojiti (red izlaganja ne odgovara stepenu ekonomskog značaja pojedinih metalogenetskih jedinica):

*Rejon Bužima.* — Bužimsko ležište u severozapadnoj Bosni je tipično vulkanogeno-sedimentno ležište mangana, lokalizovano u srednjotrijaskoj porfirit-rožnoj formaciji; u procesima naknadnog preobražavanja primarnog rudišta pod uticajem površinskih voda došlo je do veoma značajnog odnosa pojedinih komponenti primarne mineralizacije (»šupljikave« rude, sl. 1).

Rudna tela imaju pretežno oblik sočiva i gnezda koja leže u rožnicima, škriljcima i glinovitim peščarima. Psilomelan je osnovni rudni mineral; mestimično se zapažaju i neznatne koncentracije rodonita.

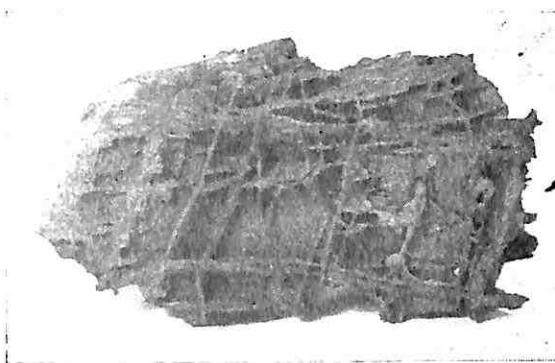
Sadržaj magana je promenljiv, najčešće 25 do 40% Mn, mestimično i preko 44—48% Mn, dok je udio  $\text{SiO}_2$  obično 10—20%, kao srednje oko 15%; sadržaj gvožđa u rudi najčešće 3 do 4%.

Prema svojim razmerama, bužimski rudni rejon se ubraja u najznačajnije pojave manga- na kod nas.

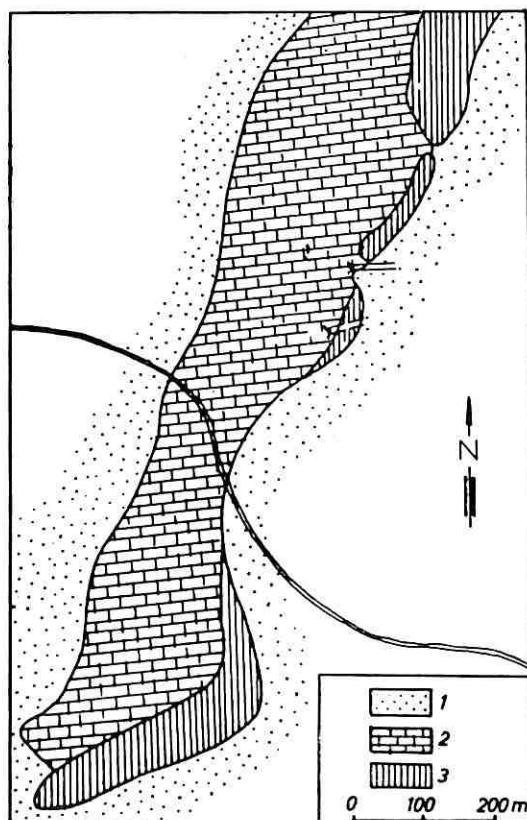
*Rejon Čevljanovića.* — Rejon Čevljanovića u Bosni (severoistočno od Sarajeva) pripada dosada najznačajnijim izvorima manganske rude kod nas. Iz ovog rejona, koji zahvata površinu od oko 70 km<sup>2</sup>, izvađeno je u toku proteklih 80 godina preko 300.000 tona rude.

Orudnjenje je vezano sa srednjotrijaskom, ladinskom, porfirit-rožnačkom formacijom, koja sadrži i tufite, peščar i proslojeve krečnjaka. Moćnost te formacije je mestimično i do 20 m. Podinu rudonosne serije čine brečasti krečnjaci, dok su im peščari u povlati;

od povlata rudni slojevi su često odvojeni prosljedicima glinaca, ređe rožnaca. Pojave Mn-minerala u krečnjacima su veoma ograničenog rasprostranjenja.



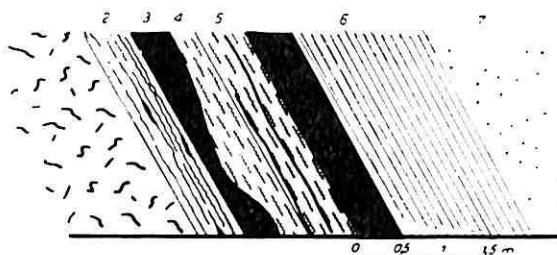
Sl. 1 — Mrežasta ruda mangana, Bužim.  
Abb. 1 — Netzartiges Manganerz, Bužim.



Sl. 2 — Geološka karta užeg područja čevljanovičkog rudišta  
(M. Jeremić)  
1 — verfensi peščari; 2 — srednjotrijaski krečnjak; 3 — rožnaci sa manganskim rudom.  
Abb. 2 — Geologische Karte des engeren Gebietes der Erzlagerstätte Čeljanović (nach M. Jeremić).  
1 — Werfener Sandsteine; 2 — mitteltriassischer Kalkstein;  
3 — Hornsteine mit Manganerz.

Rudna tela imaju oblik sočiva i prosljaka, moćnih 0,3—2,0 m, izuzetno i više (sl. 2). U rudnim telima se zapaža veoma fino prorastanje manganskih minerala rožnacima i škriljcima. U okviru jednog rудносног horizonta može se izdvojiti i više manganonosnih prosljaka (sl. 3).

Mineralni sastav je složen. Među rudnim mineralima preovlađuje psilomelan; znatno manje rasprostranjenje imaju braunit, kriptomelan, manganit, romanosit i hausmanit (V. Vujačić). Sem jaspisa, koji su osnovna prateća mineralna komponenta, javljaju se mestimični i sulfidi bakra (halkopirit), pirit, arsenopirit, galenit, sfalerit, i magnetit; nešto šire rasprostranjenje ima hematit, koji je nastao zajedno sa primarnim mineralima mangana.



Sl. 3 — Detalj rudnog sloja u Gojanoviću (prema V. Vujačiću)

1 — podinski brečasti krečnjak; 2 — crveni rožnac sa manganim; 3 — manganski slojevi; 4 — crveni rožnac; 5 — sivi rožnac sa prosljocima manganskih koncentracija; 6 — rožnac; 7 — peščar.

Abb. 3 — Detail der Erzschicht in Gojanovići (nach V. Vujačić).

1 — Liegender brecciöser Kalkstein; 2 — roter Hornstein mit Mangan; 3 — Manganerzschicht; 4 — roter Hornstein; 5 — grauer Hornstein mit Einlagerungen von Mg-Konzentrationen; 6 — Hornstein; 7 — Sandstein.

U postrudnim procesima, pod uticajem toplih rastvora dolazi do mestimičnih pojava sekundarnih koncentracija manganskih minerala (kriptomelan, piroluzit), praćeni getitom.

Sadržaj mangana je promenljiv, najčešće 30 do 42—44%, gvožđa 7 do 20%,  $\text{SiO}_2$  obično 15 do 20%; posebno je interesantan povišeni sadržaj barita: pojedine preprane rude sadržavale su i do nekoliko procenata  $\text{BaSO}_4$ , često 1,5 do 2,0%  $\text{BaSO}_4$ .

*Vareš.* — Koncentracije mangana u rudištu gvožđa u Varešu ubrajaju se među najveće mase mangana u našim ležištima.

Detaljnije karakteristike ovog rudišta prikazali smo u poglavljju o jugoslovenskim ležištima gvožđa.

*Rejon Kozare.* — Na južnim padinama planine Kozare postoje brojna manganova ležišta, najčešće vrlo ograničenih razmara. Rudna tela imaju oblik slojevitih sočiva, koja leže između rožnaca ili peščara u podini, i krečnjaka u povlaci.

Ekonomski značaj tih pojava je mali.

Sličnih ležišta ima i u području *Kotor Varoši*.

U okolini *Užica i Arilja* (Gorjani, Potreč, Drežnik, Roge), u dijabaz-rožnoj seriji, u trijaskim škriljcima i krečnjacima nalazi se više vulkanogeno-sedimentnih ležišta mangana; delom su, usled premeštanja mangana iz primarnih ležišta i njihove lokalizacije u krečnjacima (retko škriljcima) obrazovana i manja infiltraciona ležišta.

Naročito brojne pojave mangana javljaju se u dolini reke Rzava (Drežnik—Svračkovo), lokalizovana u rožnacima, na kontaktu rožnaca i krečnjaka i u krečnjacima (ova poslednja ležišta su infiltracionog postanka). Rudna tela u rožnacima imaju pretežno oblik sočiva, ređe gnezda; razmere tih rudnih tela su takve da ona ne sadrže obično više od nekoliko desetina do nekoliko stotina tona, ređe nekoliko hiljada tona rude. Rudna tela u krečnjacima, sočiva i nepravilne pržice, obrazovani u pukotinama, moćna su najčešće 0,2 do 1,0 m, i sadrže obično neznatne rezerve. Sadržaj mangana je najčešće 20—40%, dok je udeo silicije izvanredno promenljiv: od nekoliko procenata (rudna tela u krečnjacima) do 20—50%  $\text{SiO}_2$  (u rudnim telima u rožnacima).

U području *Miocene — Vac*, na južnom obodu Zlatiborskog peridotitskog masiva, postoji više pojava i ležišta mangana, istog tipa kao i u dolini Rzava. Ruda se sastoje pretežno od psilomelana i piroluzite, ređe braunita; u rudi koja se nalazi u krečnjacima javljaju se i bubrežasti psilomelani sa romanositom. Sadržaj pojedinih komponenti u rudi je: 15—43% Mn, 2—50%  $\text{SiO}_2$  (izvanredno visoki sadržaj silicije vezan je sa rudom iz rožnaca), do 10% Fe; ruda iz krečnjaka sadrži i do 30% CaO.

Ekonomski značaj ovih ležišta je neznatan, jer su rezerve kvalitetne rude (rudna tela u krečnjacima) veoma male (obično desetine, retko stotine tona rude).

U *Crnoj Gori*, u okolini Bara i Petrovca, u Limljanim, Boljevićima, Gluhom Dolu i u drugim lokalnostima, u vengensko-kasjanskoj seriji rožnaca, nalaze se uz porfirite manje koncentracije mangana. Rudna tela su u obliku sočiva i gnezda, pretežno nepravilno razmeštena u rožnacima. U pojedinim ležištima mangan je vezan za kontakte porfiritskih tufova i krečnjaka; u tufovima se mestimično zapažaju sekundarna obogaćivanja površinskim vodama. Mineralni sastav: manganit, piroluzit, mestimično se javljaju getit i limonit. Bogatija rudna tela sadrže 30—45% Mn, 10—20%  $\text{SiO}_2$  i oko 1% Fe.

Na *Sinjavini*, u Severnoj Crnoj Gori, na kontaktu porfirta i srednjotrijaskih krečnjaka, u zoni rožnaca javljaju se manja sočiva i gnezda manganovih oksidnih minerala. Mestimično bogate koncentracije sadrže i 35—45% Mn; udeo silicije obično visok — do 25%  $\text{SiO}_2$ .

*Stogovo.* — Na planini Stogovo, kod Kičeva u Makedoniji, nalazi se jedno od najvećih jugoslovenskih ležišta mangana.

Rudnosno područje izgrađeno je u osnovi od devonskih filita u kojima se mestimično javljaju interkalacije kvarcita; u pojedinim devovima terena postoje i postepeni, lateralni pre-

lazi filita u kvarcitetu. Sastavni deo terena su i trijaski sedimenti, koji po svome habitusu podsećaju na predstavnike dijabaz-rožne (ili porfirit-rožne) formacije.

Koncentracije mangana vezane su sa tufičnim škriljcima. Rudna tela imaju pretežno oblik slojeva i sočiva, moćnih 7–10 m, sa čestim iskljinjavanjima po pružanju (sl. 4). U jedinim rudnim telima zapaža se i postepena promena koncentracija mangana, tako da nešto obogaćena rudna tela postupno prelaze u manganonosne škriljce i siromašno impregnirane zone sa 6–10% Mn, koji se dalje nastavljaju sterilnim škriljcima.

Premda sadržaju mangana, mineralizovane mase dele se u tri vrste:

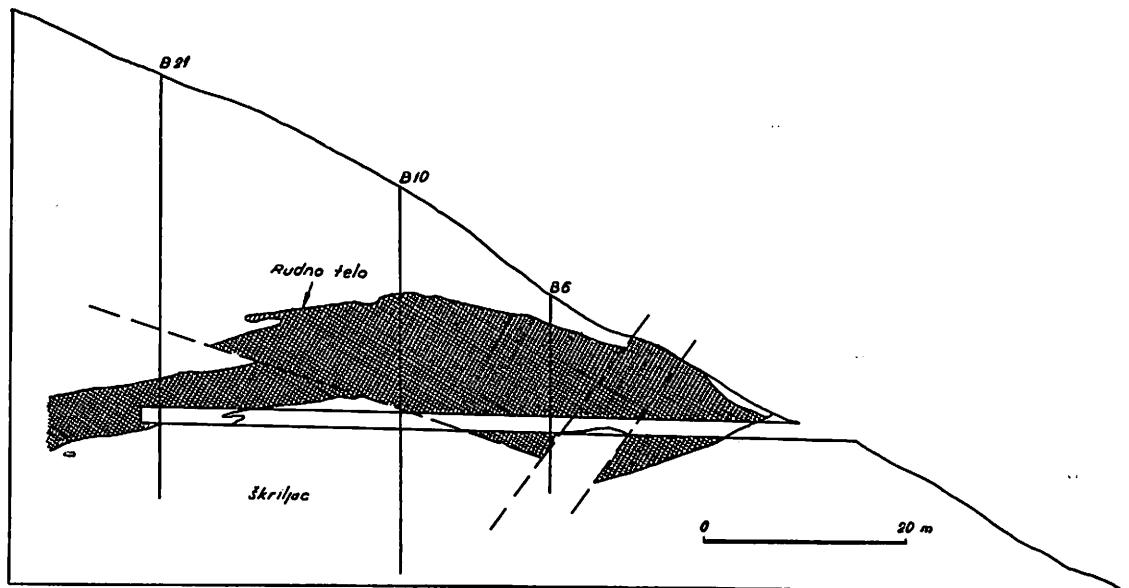
|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| slabija ruda . . . . .          | 24–27% Mn |
| manganonosni škriljci . . . . . | 20–24% Mn |
| siromašni manganonosni škriljci | 16–20% Mn |

pojave manganske mineralizacije, prostorno vezanih sa paleozojskom škriljavo-rožnom serijom. Među ležištima mangana posebno su interesantna Ninev kamen, Stopanče, Javorov dol.

U genetskom pogledu, manganska ležišta Bistre pokazuju mnoge osobenosti. Primarno, to su vulkanogeno-sedimentna ležišta, koja su kasnije, pod uticajem regionalnog metamorfizma, doživljavala značajne promene, koje su se manifestovale obrazovanjem Mn-granatita; do definitivnog razmeštaja manganskih koncentracija dolazi u procesima supergene alteracije, kada su obrazovani mnogi sekundarni minerali mangana.

Premda M. Protiću, u podini rudnosne serije leže dijabazi, a preko njih:

- jaspisi i kvarcene mase;
- krečnjaci i mermari (koji grade osnovu tufitno-rožnicačkih slojeva);
- tufitno-rožnicački slojevi sa rudom;



Sl. 4 — Profil kroz ležište mangana u Stogovu (rudnička geološka služba).

Abb. 4 — Profil durch die Mn-Lagerstätte in Stogovo (Geologische Dienststelle des Bergwerkes).

Primarna rudna tela su pretežno izgrađena od karbonata, delom psilomelana. U procesima supergene alteracije došlo je do preobražanja primarnog mineralnog sastava, do stvaranja sekundarnih oksida mangana i do povećavanja sadržaja mangana u pojedinim delovima rudišta. Tako je ruda sa primarno 20–26% Mn, 4–7% Fe i 20–25% SiO<sub>2</sub> pretvarana u rudnu masu sa 35–40% Mn i 15–20% SiO<sub>2</sub>. Procesi supergene alteracije, nažalost, nemaju šire rasprostranjenje u rudištu, naročito u dubljim nivoima, tako da su manganom obogaćeni delovi rudišta relativno skromnih razmara.

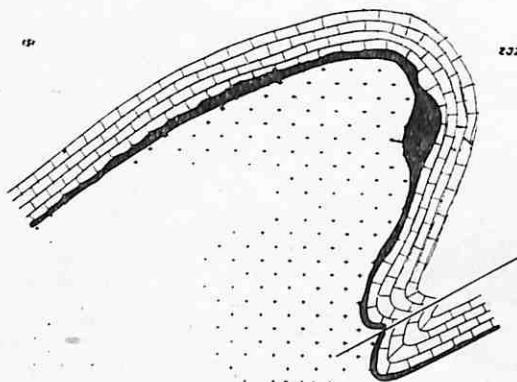
*Region Bistre.* — U terenima planine Bistre u zapadnoj Makedoniji nalaze se brojne

- krečnjaci i mermari (povlata tufitno-rožnicačkih slojeva);
- donji škriljci sa manganovim mineralima (škriljci sa impregnacijama mangana);
- crvenkasti mermari i krečnjaci;
- gornji škriljci sa koncentracijama manganovih minerala;
- dolomit i krečnjaci;
- flišna serija;
- pločasti krečnjaci sa rožnacima.

U srednjem rudnosnom sloju manganove rude se nalaze stalno u jednom određenom horizontu i javljaju se u obliku tankih proslojaka koji leže između slojeva škriljaca, para-

lelno sa folijacijom škriljaca. Rudonosni sloj oštro je ograničen u podini i povlati. Na mestima gde su škriljci tektonski polomljeni, ruda ispunjava pukotine i javlja se u obliku žice. Tu se ona nalazi na sekundarnom mestu, jer je doneta površinskim i podzemnim vodama iz primarnog dela sloja. Izvesne rudne žice, koje ispunjavaju rasedne pukotine, imaju znatnu moćnost (2–4 m). To su, u suštini, tektonske breče cementovane manganovim oksidima. Rude su oksidne i silikatne. Teren u kome se one javljaju veoma je razlomljen tektonskim pokretima i odlikuje se kraljuštom strukturu.

Mineralni sastav manganskih ležišta planine Bistre je veoma raznovrstan, kako po mineralima, tako i u pogledu više faznosti obrazovanja mineralnih parageneza. Pored psilomelana (kriptomelana), manganita i braunita javljaju se i hausmanit, hematit (V. Vuja n o v ić). Kao tvorevine regionalne metamorfoze stvoreni su spesartit, braunit, hematit, hausmanit, romanesit, manganit, koji se javljaju u prslinama i pukotinama.



Sl. 5 — Sematizovan prikaz ležišta Crna. Crno: manganska ruda, krstići: peščar, a povlata je mermer (po B. Sikošku).

Abb. 5 — Schematische Darstellung der Mn-Lagerstätten in Montenegro. Schwarz: Manganerz; Kreuzchen: Sandstein, im Liegenden findet sich Marmor (nach B. Sikošek)

Sadržaj mangana u rudnim telima je veoma promenljiv — od 25 do 50% Mn; veoma promenljive sadržaje pokazuju i silicija — od 5 do 40%  $\text{SiO}_2$ . S obzirom na veoma značajno učešće gvožđa u pojedinim delovima nekih ležišta mangana (i do 30% Fe) može se katkad govoriti o pojedinim rudama kao feromanganskim.

*Cer.* — Cersko rudište, nedaleko od Kičeva u Makedoniji je po mnogim svojim genetskim osobenostima interesantno ležište mangana. Osobenost postanka ovoga ležišta sastoji se u raznovrsnim promenama koje je rudište i njegov primarni mineralni sastav doživljavalo kasnije pod uticajem termičke metamorfoze, uz, najverovatnije, i prinošenje materija.

Primarne koncentracije manganskih minerala nalaze se duž kontakta mermera u povlati, i arkoznog peščara u podini; rudna tela imaju oblik slojeva i izduženih sočiva, koja se sa prekidima pružaju u okviru rudonosnog horizonta (sl. 5). U delovima bliže podini ideo gvožđa, u vidu hematita, znatno preovlađuje nad manganom, dok prema povlati rudonosnog horizonta raste sadržaj mangana.

Pod uticajem regionalnog metamorfizma došlo je u rudištu do promena mineralnog sastava i delimičnog premeštanja mangana (uglavnom duž prslina u okviru ili u neposrednoj blizini rudnih tela). Pri tome je voda, oslobođena iz Mn-minerala sa vodom, mogla da preuzme na sebe u izvesnoj meri ulogu hidrotermalnih rastvora.

Primarni mineralni sastav bio je predstavljen romanesitom, braunitom i hematitom. U okviru kasnijih procesa metamorfoze obrazovani su, pored rodonita i holandita, biksbit, sitaparit, hausmanit, Mn-biotit, Mn-kalcit, barit, kalcit, kvarc (V. Vuja n o v ić).

Pojave supergene alteracije su široko rasprostranjene u rudištu, pri čemu je došlo i do infiltracionog zapunjavanja mangansom pukotina u mermerima i krečnjacima. Mestimično su jasno izražene pojave ispiranja mangana iz krečnjaka, tako da su zaostale šupljine, čiji su zidovi obloženi glinom.

Sadržaj pojedinih komponenti u rudi: 26–38% Mn, 11–25% Fe, 8–15%  $\text{SiO}_2$ , 0–5%  $\text{BaO}$ , 0,3–6,5%  $\text{CaO}$ .

Poreklo cerskog rudišta ne može se još uvek smatrati potpuno razjašnjениm, naročito u pogledu porekla primarnih koncentracija mangana. Najverovatnije je da je primarno ležište sedimentnog postanka (ili možda vulkanogeno-sedimentnog). U procesu regionalnog metamorfizma došlo je do preobražavanja primarnog ležišta, pri čemu stepen metamorfisanosti nije izrazito visok.

#### Srpsko-makedonska provincija

Manganska ležišta u okviru ove provincije su znatno ređa nego u dinarskoj metagenetskoj provinciji. Kao što smo i ranije istakli, među ležištima mangana u ovoj provinciji su češće pojave hidroermalnih ležišta, dok su vulkanogeno-sedimentna ležišta znatno ređa.

Među interesantnijim ležištima mangana u ovoj provinciji, koja su dosada poznata i nešto detaljnije izučena, mogu se ubrojiti:

*Novo Brdo.* — U okviru novobrdskog olovo-cinkovog rudišta nalaze se značajne koncentracije manganovih minerala.

Metasomatska rudna tela u obliku izduženih sočiva, lokalizovana su duž kontakta krečnjak — andezit — škriljac i zahvataju znatne površine, (na pojedinim nivoima 5–7 000 m<sup>2</sup>),

sl. 6. Po dubini su, rudarskim radovima, otvorena na dužini od oko 300 m.

Rudna tela su izgrađena od mangan-siderita; kasnije su intenzivno oksidisala, pri čemu je došlo do mestimičnog obogaćivanja mangonom. Sem mangano-siderita, u oksidacionoj rudi Novog Brda postoji niz drugih minerala: psilomelan (36—40% od ukupne rudne mase), piroluzit (oko 10%), zatim halkopirit, koronadit, retko sfalerit, pirit, galenit (S. Smejkal).

Sadržaj mangana i gvožđa u mangan-sideritskoj masi je 14% Mn i 18% Fe; ideo pojedinih komponenti u oksidisanoj rudnosnoj supstanci iznosi: 26,6% Mn, 15% Fe, 2,3% Zn, 0,9% Pb, 0,1% S, 0,09% P, 13,3% SiO<sub>2</sub>, 6,2% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 1,3% CaO + MgO.

*Prlini.* — U Prlini (rejon Ajvalje) se nalazi ležište sličnog tipa i sastava kao i u Novom Brdu, samo su rudna tela znatno manjih razmara. Rudna tela su lokalizovana u krečnjačkim interkalacijama u škriljcima. Sadržaj pojedinih komponenti u oksidisanoj rudi je: 21% Mn, 18% Fe, 1,4% Pb i 1,2% Zn.

*Trepča.* — Oligonitska ležišta u trepčanskom rudištu prikazali smo kod olovo-cinkovih ležišta Jugoslavije.

*Drača.* — Nedaleko od Kragujevca, u selu Drači, nalazi se omanje rudište mangana, koje je detaljnije opisao V. Mikinčić.

Rudna tela su u seriji donjokrednih arkoznih i tufoznih peščara u kojima postoje nivoi sa peskovitim krečnjacima i radiolitima. Koncentracije mangana vezane su sa radiolitima.

U rudnosnoj seriji, moćnoj oko 30 m, izdvojio je V. Mikinčić i detaljnije opisao tri tipa rude, koji su posledica različitih uslova koncentracije mangana:

— Slojevita ruda se javlja u tesnoj vezi sa radiolaritima. Sastoju se pretežno od kriptomelana, ređe piroluzite, praćenih limonitom. Radiolariti se mestimično smenjuju sa manganovim mineralima (trakasta tekstura rude). Rudnosni slojevi su ubrani i mestimično izlomljeni i rasednuti. Usled pritiska nastupilo je prekristalisanje amorfognog psilomelana u piroluzit, a po nastalim pukotinama, cirkulacijom vode, rastvaranje manganovih minerala i njihovo ponovno deponovanje po pukotinama i šupljinama (V. Mikinčić).

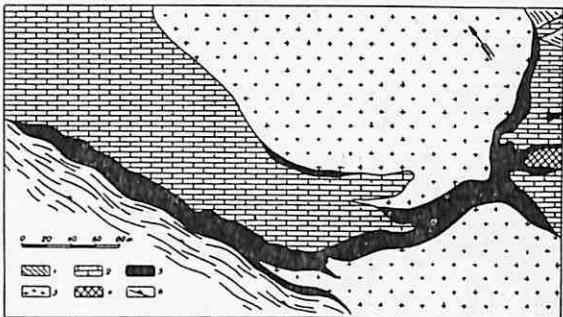
Ukupan sadržaj Mn u rudi iznosi 28—56% a jalovog materijala oko 40%. Ručnim prebiranjem dobija se ruda sa 35—42% Mn, 12—34% SiO<sub>2</sub> i 1,2—2,3% Fe.

— Drugi tip rude javlja se kao slojevita ruda u obliku sočiva malih dimenzija, najčešće na rasedima ili u obliku pravilnih nizova u arkoznim peščarima. Ruda se sastoji skoro svim od piroluzite sa manjom količinom psilomelana, ali se mestimično u sočivima javlja i kvarc »u obliku gnezdstih nakupina ili pak tankih mlazeva u piroluzitsko-psilomelanskoj masi«. Ruda je tvrda, jedra, verovatno sekundarnog porekla, obično sitnokristalasta, tamnosive boje i nalazi se, upoređena sa slojevitom rudom, u podređenim količinama. Njen hemijski sastav je: 50,7% Mn, 1—3% SiO<sub>2</sub>, 1—4% Fe.

— Treći tip rude predstavljen je kriptomeanskim konkrecijama u arkoznim peščarima.

One su nepravilnog oblika, šupljikave, glatke površine. Poredane su u pravilne nizove, paralelno slojevitosti arkoznih peščara u kojima leže (sl. 7). Pored konkrecija navedenog oblika, nalaze se i konkrecije pravilno izdužene ili štapičaste, koje podsećaju na granu ili koren drveta, dužine do 20 cm, u preseku eliptičnog oblika. Hemijska analiza rude ovog tipa dala je: 26,7% Mn, 6,9% Fe, 22,5% SiO<sub>2</sub>, 1% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (V. Mikinčić).

Konkrecione rude mogu se pratiti u jednoj zoni od Prekopeče preko Kremanca i Rujevca

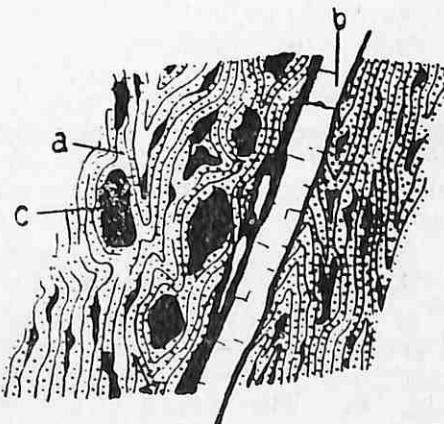


Sl. 6 — Rudno telo u Novom Brdu, hor. 950 (S. Smejkal)  
1 — amfibolski škriljci; 2 — krečnjaci; 3 — andezit; 4 — breće; 5 — Mn-Fe ruda; 6 — Folijacija škriljaca.

Abb. 6 — Erzkörper in Novo Brdo, Horiz. 950 (nach S. Smejkal).

1 — Amphibolschiefer; 2 — Kalksteine; 3 — Andesit; 4 — Breccien; 5 — Mn-Fe-Erze; 6 — Foliation der Schiefer.

dalje u jugoistočnom pravcu. Manganske konkrecije i sitnozrni peščari, sa manganskim impregnacijama u kojima se ove konkrecije javljaju, služe na terenu kao putokaz za praćenje rudnosne zone. U ovoj rudnosnoj zoni, jedno ležište nalazi se u selu Mala Vrbica a drugo, veće, u Drači, na brdu Kremencu. Rudni sloj moćan oko 3 m, ubran je u jednu manju anti-



Sl. 7 — Detalj manganskog ležišta Drača (V. Mikinčić)  
a — peščar; b — mineralizovani obod pukotine; c — manganske konkrecije.

Abb. 7 — Detail der Manganerzlagerstätte Drača (nach V. Mikinčić).  
a — Sandstein; b — mineralisierter Spaltenrand; c — Mangankonkretien.

klinalu deformisanu rasedima. U rudonosnoj zoni nalaze se, sem manganovih, i sedimentne rude gvožđa (u Rogojevcu i između Rogojevca i Zabojnice), lokalizovane uglavnom jugozapadno na obodu peščarske sinklinale, gde je i kontakt sa serpentinom.

Mangan je u dračanskom ležištu primarno bio vezan sa rožnacima, iz kojih je naknadno bio izluživan i deponovan duž prslina i pukotina. Na magmatogeno primarno poreklo mangana ukazuje i prisustvo olova, cinka i bakra (mestimično ruda sadrži i 0,2% Pb).

## ZUSAMMENFASSUNG Die Manganlagerstätten Jugoslawiens

Prof. dr ing. S. Janković\*)

In Jugoslawien befindet sich eine grössere Anzahl an Manganlagerstätten und Manganvorkommen, die in mehreren metallogenetischen Epochen, unter verschiedenartigen geologischen und physikalisch-chemischen Bedingungen und mit verschiedenartigen Vergesellschaftungen gebildet wurden. Die bisherigen Untersuchungen der jugoslawischen Manganlagerstätten und deren Metallogenese wurden vorwiegend nur unvollständig ausgeführt und waren nur auf einzelne Lagerstätten beschränkt.

Unter den heute bekannten Manganlagerstätten in Jugoslawien können, in Bezug auf die Entstehungsbedingungen, mehrere Typen unterschieden werden, deren Hauptcharakteristiken auf Tabelle 1 (siehe serbischen Text) dargestellt sind.

Unter den jugoslawischen Manganlagerstätten sind vulkanogen-sedimentäre Lagerstätten besonders zahlreich und bilden stellenweise wirtschaftlich bedeutende Vorräte. In vielen Lagerstätten sind ausgedehnte Umwandlungen des primären Mineralbestandes der Lagerstätten anzutreffen, was eine eindeutige und präzisere Klassifikation der Lagerstätten erschwert (Cer in Makedonien).

In Bezug auf den Mineralbestand sind gerade diese Lagerstätten weniger untersucht worden als die meisten Lagerstätten anderer Metalle; eine Ausnahme bilden die vulkanogen-sedimentären Lagerstätten, deren Mineralbestand eingehender von V. Vučjanović (1963) bearbeitet wurde. Aus diesen Gründen wird die Darstellung der Manganlagerstätten-Typen und ihre Angehörigkeit bestimmten metallogenetischen Epochen vorwiegend nur ihre Hauptcharakteristiken erfassen.

### Hydrothermale Lagerstätten

In einzelnen jugoslawischen Blei-Zinklagerstätten, die in der alpischen metallogenetischen Epoche entstanden und genetisch an ein intermediäres Magma gebunden sind, wurden auch bedeutendere Mangan-Konzentrationen gebildet.

Mangan tritt in diesen Lagerstätten vor allem in Form von Karbonaten und Mn-Fe-Karbonaten (Rhodochrosit, Oligonit, Mangansiderit) auf und werden von schwankenden Pb-Zn-Konzentrationen begleitet. Manganerze und manganführende Mineralien wurden vorwiegend im mesothermalen Bereich, im Übergangsbereich zum epithermalen und zum Teil auch im epithermalen Bereich selbst gebildet. In einzelnen Pb-Zn-Lagerstätten erfolgte die Bildung manganführender Massen in gesonderten, in der Regel jüngeren Phasen des Mineralisierungs-Zykluses.

Der Mangangehalt in komplexen primären Erzen ist im allgemeinen niedrig — in der Regel 5—15%, seltener über 20—25% Mn.

Infolge der Oxydation der Erzkörper kam es in einzelnen Lagerstätten zu Mangananreicherungen (Mn-Gehalt sogar bis 20—30%, ganz ausnahmsweise auch mehr). Im Mineralbestand der sekundär gebildeten Erze herrscht Psilomelan, weniger Pyrolusit (in der Regel längs Rissen und Spalten) vor.

Unter Berücksichtigung des niedrigen Mn-Gehaltes ist der Metallgewinn noch immer nicht ökonomisch; als potentielle Lagerstätten können dieselben erst dann aufgefasst werden, wenn das Problem der Technologie der Mangan-Extraktion gelöst sein wird.

\*) Dr. ing. Slobodan Janković, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

Als bedeutendere hydrothermale Lagerstätten können genannt werden: Novo Brdo, Zletovo, Trepča.

#### Vulkanogen-sedimentäre Mn-Lagerstätten

Lagerstätten dieses Typs treten sehr häufig im Rahmen der Dinarischen metallogenesischen Provinz als bestimmte stratigraphische Glieder des Paläozoikum und Mesozoikum auf. Den Entstehungsbedingungen nach gehören sie den sedimentären Bildungen an, dagegen ist die Herkunft des Mangans in der Hauptsache magmatogen. Räumlich und genetisch sind die Lagerstätten dieses Typs in engem Zusammenhang mit den Porphyrit-Hornsteinschichten, seltener mit den Diabas-Hornsteinschichten.

Die vulkanogen-sedimentären Lagerstätten sind vorwiegend in Form von Linsen und Nester in den Hornsteinschichten entwickelt, manchmal auch unregelmäßige Schichten bildend. Gelegentlich der Bildung der erzführenden Schichten und Lagerstätten kann eine Rhythmisierung beobachtet werden, die sich in einem mehrphasigen Fällen der Manganmineralien, die einzelne Individuen oder intime Verwachsungen mit Jaspis oder Tonsubstanzen darstellen, äussert.

Die Ausmasse dieser Mn-Lagerstätten sind in der Regel klein, trotz der grossen Ausdehnung der Hornsteinschichten. Oft beträgt der Koeffizient der Erzführung nicht über 0,1.

Der Mineralbestand des Erzes diesen Lagerstättentypes ist verhältnismässig einfach. Die Erzmineralien sind vor allem Oxyde — Psilomelan, Pyrolusit, Manganit, Braunit. In vielen Lagerstätten sind Umwandlungen des primären Mineralbestandes und die Bildung verschiedenartiger Vergesellschaftungen klar ausgeprägt (V. Vujanović, 1963). Neben Mn-Mineralien werden auch Fe-Mineralien (Hämatit) angetroffen; eine besonders grosse Ausdehnung haben Jaspise, die manchmal mit Mn-Mineralien eng verwachsen sind. Besonders charakteristisch sind die Vergesellschaftungen von Mangan und Eisen, die aus vulkanischen, submarinen Ergüssen durch sauere Lösungen ausgelaugt wurden; Mangan und Eisen gingen ihre gesonderten geochemische Wege, was in erster Linie von dem verschiedenen Lösungsgrad des Mn und Fe und ph-Werten und Redox-Potential kontrolliert wird. Unter Berücksichtigung der schwankenden ph- und Eh-Werte, ist der Grad der Trennung von Mangan und Eisen nicht immer derselbe. Aus diesen Gründen bestehen Mn-Lagerstätten mit veränderlichem Fe-Gehalt und mit stellenweisen Übergängen in Fe-Lagerstätten mit geringem Mn-Gehalt.

Neben Eisen werden in diesen Lagerstätten auch andere Elemente angetroffen, vor allem Silizium, in bedeutend geringerem Masse auch Baryum, Arsen u.a. Auf Tabelle 2 ist der Gehalt der einzelnen Begleitelemente in einzelnen vulkanogen-sedimentären Lagerstätten Jugoslawiens dargestellt (V. Vujanović). (Siehe Tabelle 2 im serbischen Text). Auffallend ist der hohe Arsengehalt in den Lagerstätten von Čevljjanovići und Bistar, sowie von Baryum in den Mn-Lagerstätten im Küstenland Montenegro's. Besonders interessant sind Nickel-, Blei- und Kupferkonzentrationen; die Nickelkonzentrationen sind mit jenen des Chrom proportional, was zweifelsohne auf den gleichen Ursprung — basische und ultrabasische Gesteine — hinweist.

Der Mn-Gehalt in den Erzen der vulkanogen-sedimentären Lagerstätten ist in der Regel niedrig — am öftesten 30—35%, in angereicherten Lagerstättenteilen auch 44—48%. Das Erz wird oft durch einen hohen Siliziumgehalt (15—20% SiO<sub>2</sub>, nur ausnahmsweise unter 15% SiO<sub>2</sub>) ausgezeichnet. Erhöhte Mangankonzentrationen können in Teilen mit sekundären Mn-Mineralien (am häufigsten längs der Risse) beobachtet werden.

Die wichtigsten Mn-Lagerstätten dieses Typs sind: Čevljjanovići, Bužim, Bezirk von Rudo, Kozara und das montenegrinische Küstenland.

#### Infiltrations-Lagerstätten

Unter Einwirkung der Atmosphärilien kommt es zur Verwitterung der primären Mn-Lagerstätten oder manganführenden Gesteine, ferner zur Auslaugung des Mangans und erneuten Fällung; die Länge des Transportes der Lösungen kann auch bedeutend sein, ist jedoch in unseren Verhältnissen gering.

Infiltrationserscheinungen sind in den jugoslawischen Mn-führenden Gebieten, besonders im Bereich der vulkanogen-sedimentären Lagerstätten, oft anzutreffen. Auf die erneute Fällung, neben verschiedenen Faktoren, wirken die chemischen Charakteristiken der Nebengesteine ganz bedeutend ein; besonders interessant sind diesbezüglich Kalksteine.

Die Infiltrationslagerstätten treten in der Regel in Form von kleineren Erzmagmeln auf, seltener als Stockwerke, die durch Ausfüllungen von Rissen und dünneren Spalten entstanden. In der Regel entsprechen die Formen der Lagerstätten der Form und dem Ausmass des Raumes, in dem die Mn-Fällung aus der Lösung erfolgte.

Im Mineralbestand der Erze dieser Lagerstätten herrschen Oxyde vor. Oft besitzt Pyrolusit eine grössere Verbreitung. Die in Kalksteinen gebildeten Erzkörper weisen einen sehr niedrigen Si-Gehalt auf (»basisches Erz«).

Die Vorräte dieser Lagerstätten sind gering, 20—30 t, seltener einige Hundert bis mehrere Tausend Tonnen Erz.

### Metamorphogene Lagerstätten

Trotz gewisser Einwirkungen regionaler *tektonischer Bewegungen* kann wegen der ungenügenden Intensität — nicht von wesentlichen Umwandlungen der primären Erze gesprochen werden und demnach auch nicht von metamorphogenen Lagerstätten in diesem Sinne.

Neben Erscheinungen eines regionalen Metamorphismus werden Umwandlungen beobachtet die durch *thermische* Einwirkungen seitens jüngerer magmatischer Massen hervorgerufen wurden. Bei der thermischen Metamorphose wird Wasser aus den einzelnen Manganmineralien befreit, die in Mn-Mineralien ohne Wasser übergehen; das freigewordene Wasser, erwärmt, kann die Rolle von Hydrothermen übernehmen, einen Zerfall der primären Erzmineralien und den Übergang der einzelnen Komponenten in die Lösung hervorrufen; unter gewissen Bedingungen erfolgt ein Fällung der einzelnen Mineralien, in der Regel längs den Spaltensystemen. Die Transportlänge ist gewöhnlich unbedeutend. Der epigenetische Charakter der Neubildungen macht die Deutung der Genese der einzelnen Lagerstätten komplizierter.

Erscheinungen der Metamorphose primärer Lagerstätten werden in der Hauptsache in sedimentären und vulkanogen-sedimentären Lagerstätten beobachtet.

Metamorphe Bildungen der Mn-Lagerstätten: einzelne Lagerstätten im Gebiet der Gebirge Bistra und Cer in Makedonien.

### L iter at u r a

- Cissarz, A., 1951: Die Stellung der Lagerstätten Jugoslaviens im geologischen Raum. — Geol. vesn., knj. IX, Beograd.
- Cissarz, A., 1956: Lagerstätten und Lagerstättentwicklung in Jugoslavien. — Raspr. Geol. zav. Srb., vol. 6, Beograd.
- Duhovnik, I., Duhovnik, J., 1955: Braunit iz rudnika Cer pri Kičevem v Makedoniji. — Razp. Slov. Akad. znan. in umetn., Ljubljana.
- Janković, S., 1961: Ekonomika geologija. — Poseb. izd. Zav. za geol. geofiz. istr., knj. 7, Beograd.
- Jeremić, M., 1959: Manganska ležišta i pojave u Bosni i Hercegovini. — Gl. prir. muz., ser. A, knj. 12, Beograd.
- Mikincić, V., 1939: Ležišta manganovih ruda u ataru sela Drače kod Kragujevca. — God. geol. inst., Beograd.
- Pavlović, S., 1948: Pokušaj klasifikacije manganskih ležišta u Jugoslaviji. — Zap. srpsk. geol. društva, Beograd.
- Pavlović, S., 1952: Mangan u FNRJ i u svetu. — I sav. geol. FNRJ, Zagreb.
- Simić, V., 1951: Naša rudišta mangana i njihova prirodna klasifikacija. — Metalurgija, No. 2, Beograd.
- Smejkal, S., Draškić, M., 1959: Mn-Fe rude oksidacionih zona Pb-Zn ležišta Novog Brda i Prline. — Rud. i Met., No. 2, Beograd.
- Vujanović, V., 1961: Mineralogija manganskog ležišta Cer. — Gl. prir. muz., ser. A, knj. 14—15, Beograd.
- Vujanović, V., 1963: Mineraloški sastav i geneza manganskih ležišta u dijabaz-rožnoj formaciji Jugoslavije. — Dokt. disert., Rudi-geol. fak., Beograd.

# Tipovi ležišta, metalogenetske epohe i metalogenetska područja zlata u Jugoslaviji

Prof. dr ing. Slobodan Janković

Iako je rudarstvo zlata u našim terenima staro više stotina godina, ipak se o ležištima i metalogeniji toga metala ne zna naročito mnogo. To dolazi i radi toga, što se tokom poslednjih decenija ne poklanja pažnja istraživanju ležišta i rudonosnih rejona sa zlatom, već samo ako se ono javi sa nekim drugim metalom.

## Tipovi ležišta

Među danas poznatim ležištima zlata u našoj zemlji možemo da izdvojimo sledeće tipove:

### Skarnovska ležišta

Koncentracije zlata u skarnovskim ležištima su, uglavnom, bez nekog ekonomskog značaja, jer se u većini ležišta radi o mineraloškim pojavama.

Mineralne parageneze u zlatonosnim skarnovima su obično veoma raznovrsne. U pojedinim ležištima, pored sulfida olova, cinka, bakra, pirita, zapažaju se i bizmutin i samorodni bizmut, šelit, katkad magnetit i dr. Zlato se javlja kao samorodno ili je uklopljeno u piritu ili arsenopiritu.

Ovoj grupi ležišta mogu se pridružiti pojedina skarnovska ležišta u rejonu Boranje u zapadnoj Srbiji.

### Hidrotermalna ležišta

Najznačajnije koncentracije zlata stvorene su u hidrotermalnim uslovima, pogla-

vito u mezotermalnom području. Zlato se javlja kao samorodno, a samo jednim delom u vidu telurida; posebno veliki značaj ima zlato koje je uklopljeno u piritu, i sulfidima bakra, u prvom redu halkopiritu, zatim sfaleritu, arsenopiritu.

Prema mineralnim asocijacijama u kojima se zlato javlja u hidrotermalnim ležištima, mogu se izdvojiti:

**Zlatonosne kvarcne žice.** — To je čest vid ležišta zlata u kome taj metal predstavlja osnovnu rudnu komponentu. Zlato se uglavnom javlja kao samorodno, a prate ga neznatne primeće sulfida, u prvom redu pirita. Sadržaj zlata u kvarcним žicama je veoma promenljiv; ekonomski interesantnije zlatonosne žice sadrže obično 10—15 g Au/t.

Zlatonosne kvarcne žice su obično izvor iz kojih potiče zlato u mnogim našim nanosnim ležištima. Među značajnija ležišta toga tipa ubrajaju se rejoni u istočnoj Srbiji (domen neresničkog granitskog masiva i gornjanskog granita), kao i pojedina ležišta u Srednjobosanskim škriljastim planinama.

**Zlatonosno-šelitske kvarcne žice.** — Hidrotermalnim tvorevinama pristajući i kvarcne žice u kojima se javljaju, kao osnovne rudne komponente, šelit i samorodno zlato. Od pratećih minerala zapažaju se, retko, sfalerit, galenit, halkopirit, izuzetno i minerali srebra.

Sadržaj zlata u ležištima ovoga tipa je veoma promenljiv, najčešće do nekoliko g/t. Moćnost žica je promenljiva, najčešće ispod

1,0 m; mestimično prelaze u izdužena orudnja kvarcna sočiva, koja leže konkordantno sa okolnim stenama. U pojedinim rudonosnim rejonima kvarcne žice sa šelitom i zlatom prelaze postepeno u kvarcne žice bez orudnjenja, ili se jedna od osnovnih rudnih komponenti povlači; na taj način u jednom istom ležištu, neposredno jedna kraj drugih, postoje kvarcne žice sa zlatom koje postepeno postaju šeltonosne.

Ležištima toga tipa pripadaju ležišta zlata u rejonu Neresnice u istočnoj Srbiji.

**Zlatonosna olovocinkova ležišta.** — U mnogim našim olovocinkovim ležištima stvorene su i manje koncentracije zlata; samo izuzetno, zlatonosne koncentracije imaju neki ekonomski značaj.

Zlato se u hidrotermalnim olovocinkovim ležištima javlja veoma raznovrsno: sem samorodnog zlata, poznati su i teluridi zlata; znatan deo ukupnog zlata u Pb-Zn mineralnim paragenezama je vezan sa različitim sulfidima (pirit, arsenopirit, halkopirit, ređe sfalerit). Stvaranje zlatonosnih koncentracija vršeno je obično u više faza; najveći deo zlata deponovan je obično u poslednjim fazama. Sadržaj zlata u rudi je obično 2—10 g/t.

Ovome tipu ležišta pripadaju brojna olovocinkova ležišta među kojima je posebno ekonomski interesantno ležište Lece; teluridi zlata su poznati u mnogim našim ležištima, naročito u ležištima kopaoničke rudne oblasti.

**Zlato u ležištima bakra.** — Ekonomski najvažnije koncentracije zlata nalaze se u Jugoslaviji u pojedinim ležištima bakra. U ovim ležištima zlato je pretežno vezano sa sulfidima (pirit, pojedini sulfidi bakra), a delom se javlja u kvarcnoj masi kao samorodno.

Tome tipu ležišta pripada zlato u borskom ležištu.

**Zlatonosne piritske žice.** — Zlatonosna piritska ležišta su prilično česta u terenima Jugoslavije. Pretežno pripadaju žičnom tipu. U njima se zlato javlja uglavnom vezano sa piritom; ideo ostalih sulfida je obično neznatan. Kvarc je obično osnovni mineral jalovine.

Ovome tipu ležišta pripadaju mnoge piritske žice u Srednjobosanskim škriljastim planinama, među kojima je posebno interesantno ležište Bakovići.

**Zlato u tetraedritskim ležištima.** — U mnogim ležištima tetraedrita došlo je do stvaranja i promenljivih koncentracija zlata. To su pretežno žična ležišta u kojima se zlato javlja kao samorodno, a delom primešano sulfidima.

Tom tipu pripadaju tetraedritska ležišta Srednjobosanskih škriljastih planina, koja je detaljnije obradio I. Jurković.

#### Nanosna ležišta

Nanosna ležišta su veoma česta u našim terenima. Obrazovana su u mladim nanosima reka. Zlato se javlja kao samorodno, neravnomerno razmešteno u pesku.

Sadržaj zlata je obično 0,05 — 0,2 g/m<sup>3</sup>, izuzetno i više.

Nanosnim ležištima pripadaju koncentracije zlata u dolini Peka u istočnoj Srbiji, Drave, gornjeg toka Timoka, Crne reke i Vardara u Makedoniji, kao i mnogi manji nosi u centralnoj Bosni (rejon Lašve).

#### Metalogenetske epohе

Ležišta i pojave zlata stvarana su u mnogim metalogenetskim epohama, pri čemu, istina, postoji jedna određena povezanost između ekonomski značajnijih koncentracija i određenih metalogenetskih epoha: u pojedinim epohama zlato je češće i obilatije, u drugim su njegova pojavljivanja veoma ograničena.

#### Hercinska epoha

U hercinskoj epohi se stvaraju mnogo-brojna ležišta zlata, koja su, međutim, najvećim delom danas već otkopana. Genetski su vezana uglavnom sa kiselim, granitskim magmatizmom.

Mineralne parageneze sa zlatom su raznovrsne: pored samorodnog zlata i zlata vezanog sa sulfidima (u prvom redu sa piritom, katkad i arsenopiritom), javljaju se i pirit, katkad i Pb-Zn minerali, šelit; kvarc je osnovni nerudni mineral u zlatonosnim ležištima.

Primarna ležišta ove epohе dala su materijal od koga su obrazovana brojna našnosna ležišta zlata.

Među ležištima i pojavama zlata obrazovanim u hercinskoj epohi ističu se rejoni Neresnice — Blagojevog Kamena, Deli Jo-

vana, kao i Stara Planina u istočnoj Srbiji; brojna ležišta u Bosanskim škriljastim planinama pripadaju takođe hercinskoj epohi, kao i zlatonosne kvarcne žice u rejonu Crne reke u Makedoniji.

#### Staroalpska epoha

Staroalpska epoha se karakteriše siromaštvozom zlata. Zlato ne obrazuje sopstvena ležišta (ili veoma ograničenih razmera — pojedine piritske žice), već se pretežno javlja kao prateći metal drugih, u prvom redu olovo-cinkovih ležišta. Sadržaj zlata u tim ležištima obično ne prelazi 2—3 g/t.

Pri razmatranju zlatonosnih pojava u staroalpskoj epohi potrebno je da se istakne da je danas veoma malo poznato o distribuciji zlata u pojedinim ležištima i uslovima koncentracije zlata.

#### Alpska epoha

Alpska epoha se odlikuje čestim pojavljivanjem zlata, ali su ekonomski koncentracije ovoga metala veoma neravnomerno razmeštene u okviru pojedinih rudonosnih oblasti.

Zlato je pretežno vezano sa sulfidima, retko samorodno (pojave mineraloškog značaja); u mnogim olovo-cinkovim ležištima javljaju se rasejano teluridi zlata.

Među značajnijim ležištima zlata javljaju se ležišta pirita (tip Bor), olovo-cinka (tip Lece), olovo-cinka sa visokim udelom Ag-minerala (tip Kučajne) i kvarcne žice (Zlot u istočnoj Srbiji i Ajdučko Osoje kod Surdulice).

#### Metalogenetska područja

Važnija ležišta i pojave zlata u Jugoslaviji grupisani su u nekoliko metalogenetskih oblasti među kojima su posebno interesantne sledeće:

**Istočna Srbija.** — U terenima istočne Srbije se nalaze najvažniji izvori dobijanja zlata u Jugoslaviji. Zlato se nalazi kako u primarnim, tako isto i u sekundarnim, nanosnim ležištima.

Prema tipovima i mineralnim paragenezama se mogu izdvojiti:

- kvarcne žice sa samorodnim zlatom,
- kvarcno-zlatonosno-šelitska ležišta (Neresnica),

- zlato u piritskim ležištima (Bor),
- zlato u olovo-cinkovim mineralnim paragenezama, i
- nanosna ležišta.

**Rejon Blagojev kamen-Neresnica.** — U rejonu Neresnice, u obodnim zonama neresničkog granitskog masiva postoje mnogobrojne zlatonosne kvarcne žice, kao i nanosna ležišta.

Primarna ležišta u rejonu Blagojevog Kamenia nalaze se u hloritskim škriljcima. To su rudne žice i sočiva kvarca koje leže u folijaciji škriljaca. Njihova moćnost je veoma promenljiva — od 0,2—0,5 m do nekoliko metara. Osnovnu masu čini kvarc u kome se javlja samorodno zlato, katkad zlato vezano sa piritem; u pojedinim žicama značajnije učešće ima i šelit, praćen neznatnim primesama (mineraloške pojave) sfalerita, galenita, piragirita i dr.

Sadržaj zlata je obično 3—12 g/t, mestimično i do 40 g/t.

Primarna zlatonosna ležišta su mezotermalna, genetski vezana sa hercinskim granitim.

Sem primarnih, u rejonu Neresnice, u dolini Peka i nekih pritoka, postoje i nanosna ležišta. Aluvion Peka sadrži značajne koncentracije zlata. Srednja moćnost pečkog aluviona, na dužini od 25 km, prema V. K. Miškoviću, iznosila je 5,7 m sa srednjim sadržajem zlata — od ušća Peka u Dunav do Kučeva — 0,096 g/m<sup>3</sup> (najveći sadržaj je bio kod Suvarića, 15 km uzvodno od ušća Peka — 0,23 g/m<sup>3</sup>); u delu između Kučeva i Neresnice sadržaj zlata je bio dovoljan za ekonomsku eksplotaciju aluviona (oko 0,2 g/m<sup>3</sup>).

**Rejon Tande i Deli Jovana.** — U rejonu Tande i Deli Jovana postojala su značajna ležišta zlata, koja su početkom ovoga veka bila intenzivno eksplorisana (poznata ležišta su danas uglavnom iscrpljena).

Zlatonosne hidrotermalne žice sadržavale su, pored zlata, i neznatne primeze sulfida (uglavnom pirita). Sadržaj zlata u tim kvarcnim žicama mestimično je bio i visok: neke žice u Glogovici imale su 20—400 g Au/t. Pojedine kvarcne žice su bile uglavnom malih razmera, ali su česte u terenu.

**Vratarnica.** — U rejonu Vratarnice, u okolini Mijinog Kladanca, u kristalastim škriljcima otkriveno je više zlatonosnih kvarcnih žica sa impregnacijama pirita, halkopirita, galenita i sfalerita.

**Stara Planina.** — U terenu Stare Planine nalazile su se brojne zlatonosne kvarcne žice iz kojih su kasnije obrazovani aluvioni sa zlatom u dolini Timoka — aluvion Kalne, kao i aluvioni Janje i Balta Berilovca.

**Bor.** — Borsko rudište bakra je istovremeno i najznačajniji izvor zlata u Jugoslaviji. Zlato je vezano sa mineralima bakra, delom sa piritem. Zlatonosne kvarcne mase gvozdenog šešira su uglavnom iscrpljene. Sadržaj zlata u Boru (1—2 g Au/t) je nešto viši nego u Majdanpeku (0,7 g/t).

Istoj rudnoj oblasti pripada i ležište Zlot. To su kvarcne žice sa impregnacijama pirita i drugih sulfida; sadržaj zlata je veoma promenljiv — od 2 do preko 20 g/t. U širem rejonu Zlota postoje brojni gvozdeni šeširi i epitermalne kvarcne žice sa povišenim sadržajem zlata; većina tih pojava je nedovoljno izučena.

**Jugistočna Srbija.** — U tereni ma istočno i jugoistočno od Vlasotinaca, zatim u surduličkom granodioritskom masivu i njegovom obodu (Adučko Osoje kod Krive Feje), kvarcno-piritske žice i impregnacije u kristalastim škriljcima, granodioritima i dacitoandezitim sadrže često zlato. To su hidrotermalna ležišta, nastala delom u hercinskoj, delom u alpskoj fazi. Primarna ležišta ovoga područja su dosad veoma malo istraživana.

Iz ovih primarnih ležišta potiče zlato koje se nalazi u prostranim aluvionima Vlasine (preko 25 miliona m<sup>3</sup> sa oko 100—150 mg Au/m<sup>3</sup>).

**Područje Leca.** — U širem području Leca postoje brojne pojave zlatonosne mineralizacije. Za razliku od ostalih rudnih oblasti sa zlatom, u rejonu Leca zlato se javlja u olovo-cinkovoj mineralnoj paragenezi. Posebno značajne koncentracije zlata obrazovane su u samom ležištu Leca.

Iako je sadržaj zlata u lecanskoj rudi relativno visok — 5 do 7 g/t — iskorišćenje zlata je još uvek nisko. Dosadašnja ispitivanja ovoga rudišta još uvek nisu potpunije rešila pitanje kako se zlato javlja u mineralnoj paragenezi. Pored samorodnog zlata u kvarcnim masama, postoji i zlato koje je vezano sa sulfidima (pirit, sfalerit, halkopirit).

Genetski, zlatonosne koncentracije vezane su sa tercijarnim srednjokiselim magmatizmom.

**Srednjobosanske škriljaste planine.** — U području Srednjobosanskih škriljastih planina postoje brojne, i prema mineralnim asocijacijama, raznovrsne pojave zlata (I. Jurković). Među mnogim ležištima zlata, koja su danas uglavnom iscrpljena, ističu se:

**Baković.** — Bakovičko rudište pripada piritskim žičnim ležištima sa promenljivim koncentracijama zlata. Zlato je vezano sa piritem, pri čemu je karakteristično da su zlatonosni poglavito samo jedni piriti, dok kristali pirita pokazuju veoma nizak sadržaj zlata ili su bez njega. Rudna žica je praćena po pruzanju više stotina metara, dok joj je širina iznosila 0,4 — 1,0 m. Srednji sadržaj zlata je oko 15 g/t.

**Vilenica.** — Slično Bakoviću je i ležište Vilenica. To je zlatonosna kvarcno-piritska žica, moćna do 0,4 m. Pored pirita, mineralna parageneza obuhvatila je i minerale bakra. Sadržaj pojedinih komponenti u rudi je bio: 20 g Au/t i 1—2% Cu.

Kao i ležište u Bakoviću, i ovo je tipično hidrotermalno ležište.

**Tetraedritska ležišta** često pokazuju nešto povišeni sadržaj zlata; naročito zlatonosnim se javljaju pojedine tetraedritske žice kod Kreševa (katkad i do 90 g Au/t). Detaljan pregled mineralnih parageneza u ovome rejonu daje I. Jurković.

**Nanosna ležišta** su veoma brojna u području Srednjobosanskih škriljastih planina, i mnoga od njih su eksplorisana u toku više vekova (sa prekidima); većina zlatonosnih aluviona je danas iscrpljena.

Pored pomenutih područja sa zlatom, postoje i druga, ali su ona bez većeg značaja ili su neproučena (rejon Crne Reke u Makedoniji, zapadno od Đevđelije, istočna Makedonija i dr.)

## ZUSAMMENFASSUNG

### Lagerstättentypen, metallogenetische Epochen und metallogenetische Bereiche des Goldes in Jugoslawien

Dr ing. S. Janković\*)

#### Lagerstättentypen

Es können folgende Typen unterschieden werden:

**Skarnlagerstätten.** — Die Mineralparagenesen in goldführenden Skarnen sind in der Regel sehr verschiedenartig. Neben Blei-, Zink-, Kupfersulfiden und Pyrit, werden Wismutin, gediegen Wismut, Scheelit, stellenweise Magnetit u.a. beobachtet. Gold tritt gediegen oder in Pyrit oder Arsenopyrit eingeschlossen auf. Dieser Lagerstättengruppe gehören einzelne Skarnlagerstätten im Gebiete der Boranja in Westserbien an und sind ohne wirtschaftlicher Bedeutung.

\*) Dr ing. Slobodan Janković, prof. Rudarsko-geološkog fakulteta, Beograd.

**Hydrothermale Lagerstätten.** — Die bedeutendsten Goldkonzentrationen wurden unter hydrothermalen Bedingungen, vor allem im mesothermalen Bereich gebildet. Gold tritt gediegen und nur teilweise in Form von Teluriden auf. Besondere Bedeutung hat Gold, eingeschlossen in Pyrit und Cu-Sulfiden (Chalkopyrit, dann Sphalerit, Arsenopyrit).

Den Mineralvergesellschaftungen nach können unterschieden werden:

— Goldführende Quarzgänge, in denen Gold als Hauptkomponente auftritt, vor allem gediegen und von unbedeutenden Sulfid-Beimengungen (Pyrit) begleitet. Der Goldgehalt ist in den Quarzgängen sehr schwankend; wirtschaftlich interessantere goldführende Quarzgänge enthalten gewöhnlich 5—15 g Au/t.

Diese Gänge stellen in der Regel die Quelle dar, aus denen das Gold der Seifenlagerstätten stammt. Bedeutendere Lagerstätten finden sich in Ostserbien (Gebiet des Granitmassivs von Neresnica), sowie in dem Mittelbosnischen Schiefergebirge.

— Gold-Scheelit führende Quarzgänge, in denen Scheelit als Haupterzkomponente, neben gediegen Gold auftritt. Begleitminerale sind selten Sphalerit, Galenit, Chalkopyrit, ausnahmsweise Silberminerale. Der Goldgehalt dieses Lagerstättentyps ist sehr schwankend, in der Regel bis einige g/t. Die Mächtigkeit variiert und beträgt gewöhnlich weniger als 1 m; stellenweise können sie in ausgedehnte, vererzte Quarzlinien, die konkordant mit den Nebengestein sind, übergehen. In einzelnen erzführenden Gebieten gehen die Quarzgänge mit Scheelit und Gold in unvererzte Quarzgänge über, oder tritt eine der Erzkomponenten zurück; daher finden sich in ein und derselben Lagerstätte Quarzgänge mit Gold, die allmählich in scheelitführende Gänge übergehen.

Lagerstätten dieses Typs sind im Gebiet von Neresnica (Ostserbien) entwickelt.

— Goldführende Blei-Zinkerzlagerstätten; in diesen Lagerstätten finden sich geringere Goldkonzentrationen, jedoch nur ausnahmsweise von einer gewissen wirtschaftlichen Bedeutung.

Das Gold tritt in hydrothermalen Pb-Zn-Erzlagerstätten sehr verschiedenartig auf; außer gediegen Gold, sind auch Goldteluride bekannt; ein bedeutender Teil des Goldes in Pb-Zn-Mineralparagenesen ist an verschiedene Sulfide gebunden (Pyrit, Arsenopyrit, Chalkopyrit, seltener Sphalerit). Die Bildung der goldführenden Konzentrationen erfolgte gewöhnlich in mehreren Phasen; der grösste Goldanteil wurde in der Regel in den letzten Phasen gebildet. Der Goldgehalt im Erz beträgt gewöhnlich 2—10 g/t.

Diesem Lagerstättentyp gehören zahlreiche Pb-Zn-Lagerstätten an, unter denen am interessantesten die Lagerstätte Lece ist; Teluride des Goldes sind in vielen Lagerstätten bekannt, besonders im Erzgebiet von Kopaonik.

— Gold in Kupfererzlagerstätten. — Die wirtschaftlich bedeutendsten Goldkonzentrationen finden sich, in Jugoslawien, in einzelnen Kupfererzlagerstätten. Das Gold ist vorwiegend an Sulfide gebunden (Pyrit, einzelne Kupfersulfide) und zum Teil gediegen in der Quarzmasse vorhanden.

Diesem Erzlagerstättentyp gehört das Gold in der Lagerstätte Bor an.

— Goldführende Pyritgänge bilden ziemlich häufige Lagerstätten in Jugoslawien; sie gehören vorwiegend dem Gangtyp an. Das Gold tritt in der Hauptsache an Pyrit gebunden auf; der Anteil der anderen Sulphide ist gewöhnlich gering. Quarz stellt in der Regel die Gangart dar.

Diesem Lagerstättentyp gehören viele Pyritgänge in Mittelbosnischen Schiefergebirge an, unter denen ein besonderes Interesse die Lagerstätte Bakovići erweckt.

— Gold in Fahlerzlagerstätten (Tetraedrit). — In diesen Lagerstätten kam es auch zur Bildung schwankender Goldkonzentrationen. Es handelt sich vorwiegend um Ganglagerstätten, in denen Gold teils gediegen teils an Sulphide gebunden auftritt.

Diesem Typ gehören die Tetraedritlagerstätten der Mittelbosnischen Schiefergebirge an, die von I. Jurković bearbeitet wurden.

**Goldseifenlagerstätten.** — Seifenlagerstätten mit Gold sind sehr häufig in unseren Gebieten anzutreffen. Gold tritt gediegen auf, ungleichmäßig im Sand ver-

teilt. Der Goldgehalt beträgt gewöhnlich 0,05—0,2 g/m<sup>3</sup>, ausnahmsweise mehr. Solche Lagerstätten finden sich im Pek-Tal in Ostserbien, Drave-Tal, im Oberlauf des Timok, im Tal der Crna Reka und des Vardar in Makedonien, sowie in geringerem Ausmaße im mittleren Bosnien (Gebiet der Lašva).

### Metallogenetische Epochen

Goldlagerstätten und -vorkommen wurden in vielen metallogenetischen Epochen gebildet; in verschiedenen Epochen weisen sie auch verschiedene bedeutende Konzentrationen auf: in den einen mehr, in den anderen weniger häufig und reichhaltig.

**Herzynische Epoche.** — In dieser Epoche wurden zahlreiche Goldlagerstätten gebildet, die genetisch an den sauren, granitischen Magmatismus gebunden sind. Zur Zeit sind sie grösstenteils schon abgebaut.

Die Mineralparagenesen sind verschiedenartig: neben gediegen Gold und an Sulfide gebundenes Gold (in erster Linie an Pyrite, manchmal Arsenopyrit) tritt es in Pb-Zn-Mineralien und im Scheelit auf. Quarz ist die Hauptgangart in goldführenden Lagerstätten.

Die primären Lagerstätten dieser Epoche gaben das Material für die Bildung der zahlreichen Goldseifenlagerstätten.

Den in dieser Epoche gebildeten Goldlagerstätten gehören jene des Gebietes von Neresnica an — Blagojev Kamen, Deli Jovan, sowie Stara Planina in Ostserbien; ferner zahlreiche Lagerstätten in dem Mittelbosnischen Schiefergebirge und jene von Crna Reka in Makedonien.

**Altalpinische Epoche.** — Diese Epoche ist arm an Gold. Es bildet keine Lagerstätten (oder nur sehr beschränkten Ausmaßes — einzelne Pyritgänge), sondern tritt vorwiegend als Begleitmetall in anderen, vor allem in Pb-Zn-Erzlagerstätten auf. Der Goldgehalt steigt in diesen Lagerstätten nicht über 2—3 g/t.

Es soll betont werden, dass bis heute sehr wenig über die Verteilung und Konzentrationsbedingungen des Goldes in den Lagerstätten dieser Epoche bekannt ist.

**Alpinische Epoche.** — Diese Epoche wird durch häufige Goldvorkommen ausgezeichnet, jedoch sind wirtschaftliche Konzentrationen dieses Metalls in den einzelnen erzführenden Gebieten sehr ungleichmäßig verteilt.

Das Gold ist vorwiegend an Sulfide gebunden, selten gediegen (von mineralogischer Bedeutung); in vielen Pb-Zn-Erzlagerstätten treten verstreut Goldteluride auf.

Als bedeutendere Goldlagerstätten sind zu nennen: Pyritlagerstätten (Typ Bor), Blei-Zink-Erzlagerstätten (Typ Lece), und solche mit hohem Anteil an Ag-Mineralien (Typ Kučajna), und Quarzgänge (Zlot in Ostserbien, Ajdučko Osoje bei Surdulica).

### Literatura

- Antula, D., 1906: Zlatonosni nanosi u Timočkoj krajini. — Rud. gl., IV, Beograd.
- Antula, D., 1906: Rezultati promatranja na zlatonosnom terenu u timočkoj Krajini. — Zap. Srpskog geol. društva, 124. zbor., Beograd.
- Blagojević, M., 1921: Pojava zlatonosnih ruda u paleozojskom terenu i trahitu Majdan-Peka i okolini Borskog rudnika. — Zap. Srpskog geol. društva, zbor. 190, Beograd.
- Cissarz, A., 1956: Lagerstätten und Lagerstättentwicklung in Jugoslawien. — Raspr. Geol. zav. NR Srbije, vol. VI, Beograd.
- Hermann, F., 1939: Gold in Jugoslawien. — Metallwirt., Wien.
- Janković, S., 1961: Ekonomski geologija. — Posebno izd. Zav. za geol. geofiz. istraž., knj. 7, Beograd.
- Kostić, E., 1949: O zlatonosnim rudnim žilama severoistočne Srbije. — Rudarstvo, No. 5, 229—240, Beograd.
- Mišković, V. K., 1909: Ispitivanje zlatonosnih rečnih nanosa u dolini reke Peka. — God. Rud. od., II, Beograd.
- Simić, V., 1951: Istoriski razvoj našeg rudarstva. — Beograd.

## Aparati i uređaji za rudnike

# O aparaturi za određivanje karakteristike temperatura — vreme za laboratorijsko merenje zapaljivosti ugljene prašine

(sa 7 slika)

Dipl. ing. Ljubisav Petrović

Biro za ventilaciju i tehničku zaštitu Rudarskog instituta u Beogradu vrši pripremu za nabavku i izradu nove aparature pomoću koje treba da se odredi karakteristika temperatura — vreme ( $t-\tau$  dijagram) zapaljivosti ugljene prašine. Na ovaj način dobija se uvid u zapaljivost ugljene prašine i potreban vremenski interval da se prašina zapali na fiksiranoj temperaturi.

Cilj ovog članka je da se opiše sama aparatura, da se okvirno izloži termoelektrični bilans grejača, i da se izlože nove tehničke mogućnosti za automatsko ili direktno merenje  $t-\tau$ -dijagrama. Ovde se neće tretirati fizičko-hemijski proces samozapaljenja ugljene prašine, kao ni uticaj oksidacije na dalji termički bilans u toku grejanja uzorka.

### Uvod

Aparatura se sastoji iz dva dela međusobno električki povezana. U jednom delu nalazi se grejač sa uzorkom, a u drugom komandni pult sa regulacionim instrumentima.

Grejač se napaja iz mreže preko regulacionog transformatora pomoću koga se menjaju napon, a time i snaga grejača, što u krajnjoj liniji menja izvod temperature u vremenu, odnosno brzinu promene temperaturе grejača, a time i postavljenog uzorka. Ek-

sponencijalni zakon promene temperature u vremenu i ovde dolazi do izražaja i daje mogućnosti za promenu izvesnih termičkih parametara, o čemu će biti više govora kasnije.

Na slici 1 prikazan je šematski izgled ove aparature. To je slučaj slobodne grejne površine.

Prema rezultatima merenja izvršenim u nekim drugim zemljama (Mađarska, SR Nemačka), a delimično i kod nas (pri korišćenju nešto primitivnije aparature), dobijeni su takvi rezultati da je sa stanovišta projektantsko-konstruktivne podobnosti usvojeno sledeće:

- priključni napon 220 V/50 Hz
- maksimalna struja grejača 10 A
- maksimalna snaga grejača 2200 W
- maksimalna potrošnja grejača  $2,2 \frac{\text{KWh}}{\text{h}}$
- kružni oblik grejača

U prikazanoj aparaturi grejač ima dve bitne funkcije. Jedna je, da generira toplotu neophodnu za grejanje ugljenog uzorka, a druga, da daje temperaturni signal preko termoelementa. Ovaj signal se uvodi u instrument za merenje i regulaciju temperature. On ne samo što saopštava veličinu trenutne temperature grejača, već takođe vrši regulaciju temperature. O ovom se detaljnije govori u poglavљu »Opis rada aparature«.

## Termički bilans

Da bi se izvršio proračun termičkog bilansa stoji nam na raspolaganju sledeće jednačine:

$$\frac{\delta t}{\delta \tau} = a \nabla^2 t + \frac{q}{c \cdot \gamma} \quad (1)$$

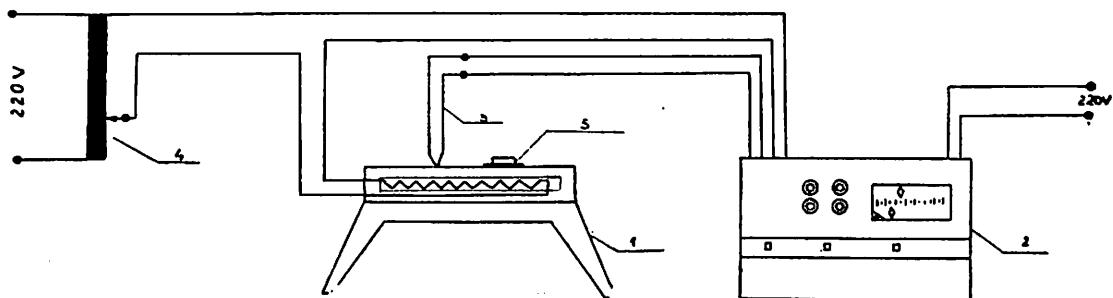
$$dQ = kRJ^2 d\tau = kUJd\tau \quad (2)$$

$c$  — specifična toplota  $\left( \frac{k \text{ cal}}{kp^\circ K} \right)$

$\gamma$  — specifična masa  $\left( \frac{kp}{mm^3} \right)$

$\lambda$  — koeficijent toplotne provodljivosti

$$\left( \frac{k \text{ cal}}{mm \text{ sek}^\circ K} \right)$$



Sl. 1 — Aparatura sa otvorenom grejnom površinom  
1 — grejač; 2 — uređaj za merenje i regulaciju temperature; 3 — termoelement Fe-Const; 4 — varjag; 5 — uzorak.

Fig. 1 — Apparatus with heating surfaces open.

Prva jednačina može da se napiše u obliku:

$$\frac{\delta t}{\delta \tau} = a \left( \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 t}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 t}{\delta z^2} \right) + \frac{q}{c \cdot \gamma} \quad (1a)$$

a druga

$$dq = k \cdot j^2 \cdot \rho \cdot d\tau. \quad (2a)$$

gde je:

$I$  — struja (A)

$\rho$  — specifični otpor provodnika  $\left[ \Omega \frac{mm^2}{m} \right]$

$t$  — temperatura ( $K^\circ$ )

$\tau$  — vreme (sec)

$a = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}$  — koeficijent provodljivosti temperature  $\left( \frac{m^2}{h} \right)$

$Q$  — količina toplotne (k cal)

$k$  — električni ekvivalent toplotne

$$\left( 0,239 \frac{\text{cal}}{\text{J}} \right)$$

$j$  — gustina električne struje  $\left( \frac{A}{mm^2} \right)$

$q$  — toplota u jedinici zapremine  $\left( \frac{k \text{ cal}}{mm^3} \right)$

U jednačini (1) i (1a) drugi član sa desne strane sadrži veličinu  $q$ . To je količina toplotne koja se razvija u jedinici zapremine električnog provodnika grejača usled proticanja električne struje. Ova veličina izračunava se pomoću relacije (2a). U toku svake sekunde ( $d\tau \approx \Delta \tau = 1$  sek), za materijal čije je  $\rho = a_1 \left[ \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \right]$  i  $j = b \left[ \frac{A}{mm^2} \right]$ , dobija se priraštaj toplotne snage po jedinici zapremine:

$$\frac{\Delta q}{\Delta \tau} = k \cdot j^2 \cdot \rho = 0,239 a_1 b^2 10^{-3} \left[ \frac{\text{cal}}{\text{sek mm}^3} \right]$$

To znači, da otpornik kroz koji protiče struja od 10 A, a čiji je specifični električni otpor  $\rho = a_1 \left[ \frac{\Omega \text{ mm}^2}{m} \right]$ , može da razvije u svakoj sekundi  $2,39 a_1 b^2 \cdot 10^{-4}$  cal, po  $mm^3$  i u svakoj sekundi generira količina toplotne

$$\frac{\Delta Q}{\Delta \tau} = K \cdot U \cdot J$$

$$\frac{\Delta Q}{\Delta \tau} = 0,239 \cdot 220 \cdot 10 = 525,8 \left[ \frac{\text{cal}}{\text{sek}} \right]$$

To je maksimalna termička snaga, koja može da se razvije u provodniku grejača.

To praktično znači, da je preko regulacionog transformatora omogućeno da se ova veličina može da menja u opsegu od 0 do

$$525,8 \left( \frac{\text{cal}}{\text{sek}} \right).$$

U prvoj aproksimaciji može da se uzme, da je provodnik raspoređen po kružnoj površini sa vazdušnim procepom od 2 mm i da se preko njega nalazi ploča od temperiliva debljine 7 mm.

Temperatura spoljašnje grejne površine (na kojoj se nalazi uzorak ugljene prašine) data je sledećom jednačinom:

$$t = t_0 + \frac{q}{2\lambda} (\delta^2 - r^2) \quad (3)$$

gde je:

$r$  — poluprečnik grejne površine

$2\delta$  — debljina grejne ploče

$t_0$  — temperatura za  $r = r_0$

Ova jednačina daje raspodelu temperature u zavisnosti od poluprečnika ( $r$ ) i toplote ( $q$ ), i dobijena je iz diferencijalne jednačine (1a) za  $\frac{\delta t}{\delta \tau} = 0$ ,  $x = r$  i  $\frac{\delta^2 t}{\delta y^2} = \frac{\delta^2 t}{\delta z^2} = 0$ .

Iz jednačine (3) vidi se da raspodela temperature po spoljašnjoj grejnoj površini u funkciji rastojanja od centra ima parabolični oblik, i da je simetrična u odnosu na osu.

Ovaj podatak ukazuje na činjenicu da središte uzorka i termoelement treba da imaju istu vrednost za  $r$ , da bi rezultati merenja bili što tačniji.

Ako se potraži prvi izvod jednačine (3) po poluprečniku  $r$  dobija se:

$$\frac{dt}{dr} = -\frac{q}{\lambda} r$$

To je gradijent temperature po grejnoj površini i, kao što se vidi, to je linearna funkcija rastojanja. Najmanja promena temperature jednaka je 0 za  $r = 0$ .

Da bi se odredila funkcija koja daje promenu temperature u vremenu, za neku fiksiranu tačku, stoji nam opet na raspolaganju parcijalna diferencijalna jednačina (1a).

Ova jednačina posle izvesnih uprošćenja može da se napiše u obliku:

$$\frac{d^2 t}{d \tau^2} + Kt = 0$$

gde je:

$K$  — konstanta.

Naime, ako se uzme da je:

$$\frac{\delta^2 t}{\delta y^2} = \frac{\delta^2 t}{\delta z^2} = 0$$

dobiće se:

$$\frac{dt}{d\tau} = a \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} + \frac{q}{c \cdot \gamma} \quad (1b)$$

Ako se (1b) diferencira po vremenu biće:

$$\frac{\delta^2 t}{\delta \tau^2} = a \frac{d}{d\tau} \left( \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} \right) + \frac{\delta}{d\tau} \left( \frac{q}{c \cdot \gamma} \right) \quad (1c)$$

Uzimajući da je  $\frac{q}{c \cdot \gamma}$  nezavisno od vremena, onda je:

$$\frac{\delta}{d\tau} \left( \frac{q}{c \cdot \gamma} \right) = 0$$

(slično se dobija ako je  $\frac{q}{c \cdot \gamma} = K_1 \cdot \tau$ ) a u prvoj aproksimaciji je:

$$\frac{\delta}{d\tau} \left( \frac{\delta^2 t}{\delta x^2} \right) = -Kt$$

onda se jednačina (1c) može da napiše u obliku:

$$\frac{d^2 t}{d \tau^2} + Kt = 0$$

gde je:

$K$  — konstanta.

Rešenje ove diferencijalne jednačine drugog reda potražićemo u obliku

$$t = e^{-\alpha \tau}$$

Kao što je poznato iz teorije homogenih diferencijalnih jednačina, ona može da dobije konačno rešenje u obliku

$$t = A (1 - e^{-\beta \tau})$$

gde parametri  $A$  i  $\beta$  zavise od jačine struje kojom se napaja grejač.

### Analiza električnog kola

Na slici 2 prikazana je šema električnog kola.  $R_p$  je otpor grejača.  $R$  je ukupan otpor

na sekundaru regulacionog transformatora. Ako se uvede ekvivalentni otpor

$$R_e = \frac{Rp \cdot x}{Rp + x}$$

dobiće se prosta redna veza za koju važi jednačina:

$$I = \frac{U}{R_e + R - x}$$

dalje je:

$$I = I_1 + I_2$$

i

$$I_1 : I_2 = x : R_p$$

ili I

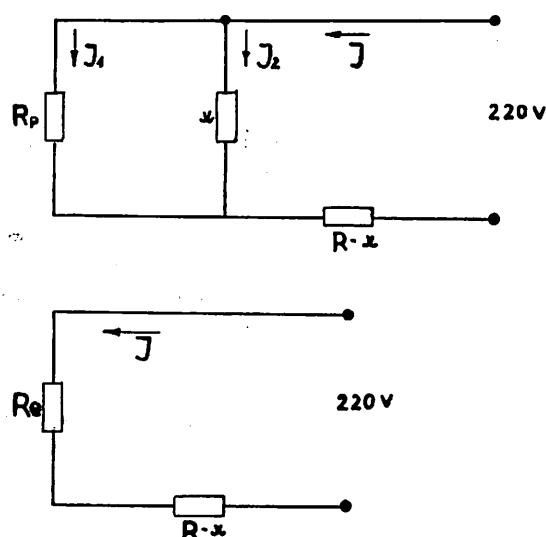
$$I_1 R_p = I_2 x, \text{ tj. } I_1 = I_2 \frac{x}{R_p}$$

zamenom se dobija:

$$I_1 = (I - I_1) \frac{x}{R_p} = I \frac{x}{R_p} - I_1 \frac{x}{R_p}$$

$$I_1 = \frac{x}{R_p + x} I = \frac{x}{R_p + x} \cdot \frac{U}{R_e + R - x}$$

$$I_1 = \frac{x \cdot U}{R_e \cdot x + (R_p + x) (R - x)}$$



Sl. 2 — Električno kolo za napajanje grejača.  
Fig. 2 — Electric cycle for feeding the heater.

Ovo je potenciometrijska sprega. Kada je otpor  $R_p$  znatno veći prema otporu  $R$ , napon se na krajevima potrošača  $R_p$  postepeno menja od 0 do napona mreže (220 V). Struja kroz potrošač ( $I_1$ ) je najveća, kad je klizač u takvom položaju da  $X = R$  i iznosi

$$I_1 = \frac{U}{R_p}$$

Ako je, pak, klizač u takvom položaju da je  $X = 0$ , onda je  $I_1 = 0$ .

Iz jednačine koja daje rešenje za  $I_1$  vidi se da ova struja, a to je struja koja protiče kroz potrošač, zavisi isključivo od otpora  $x$ , s obzirom da su  $R_p$  i  $R$  konstantne vrednosti. Izabrana je potenciometrijska veza, jer ona daje najpovoljnije tehničke radne uslove. Ovim je izbegнута појава струје kratког споја при промени otpora  $x$ . Ali do pojave струје kratког споја може да дође једино када је у исто време  $R - x = 0$ , и  $R_p = 0$ . Међутим,  $R_p = 0$  само ако у потрошачу (грејачу) настану оштећења. Вероватноћа, да ће доћи до ове појаве, је мала.

#### Merenje i opis rada uređaja

Na pripremljenom koordinatnom sistemu na horizontalnoj osi obeležene su vrednosti за vreme i то у опсегу од 0—20 min, а на vertikalnoj osi obeležene су vrednosti за temperaturu у подручју од  $80^\circ\text{C}$  до  $350^\circ\text{C}$ . На regulatoru temperature (»Iskra« TR 2) odabere se donja granica temperature ( $80^\circ\text{C}$ ). Ово се постиже okretanjem jednog zavrtanja, naročito za то postavljenog u donjem levom углу instrumenta. Ovim putem se vrši odabiranje temperature, на којој се meri zapaljivost ugljene prašine. То значи, да је једна од две казалјке на instrumentu довођена у жељени položaj. Затим се aktiviraju prekidačи за напајање instrumenta, затвара strujno kolo за напајање grejačа i priprema за rad pomoćni relaj PR i kontaktor VK. Da su

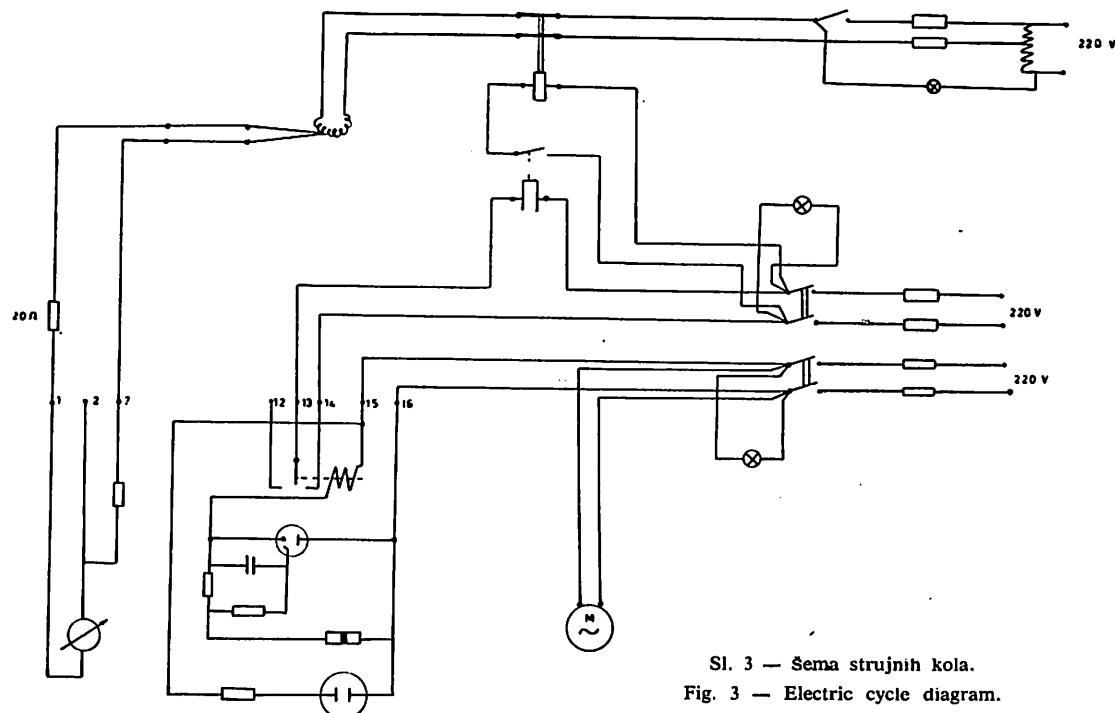
odgovarajuća električna kola uključena, pokazuju signalne lampe koje zasvetle posle aktiviranja tastera.

Na sl. 3 prikazana je šema strujnih kola, a na sl. 4 montažna šema pulta. Treba dodati da za ovu varijantu rešenja nisu predviđeni elektromotori. O njihovoj funkciji biće kasnije govora kada se bude izlagala varijanta sa zatvorenom grejnom površinom.

Uključivanjem grejača u strujno kolo, njegova temperatura raste brže ili sporije, što zavisi od izbora veličine otpora  $x$  na re-

nom prvom kazaljkom, aktivira se foto-elektronski relaj koji zatim aktivira pomoćni relaj  $PR$  i kontaktor  $VK$ , čime se isključuje iz daljeg rada električno kolo koje vrši napajanje grejača.

U istom trenutku laborant uključuje časovni mehanizam i posmatra kada će da se pojavi žar u ugljenoj prašini, koja je postavljena kao uzorak na grejnu površinu. U trenutku pojave žara laborant isključuje časovni mehanizam, a u koordinatni sistem na odgovarajuće ose unosi izabranu vred-



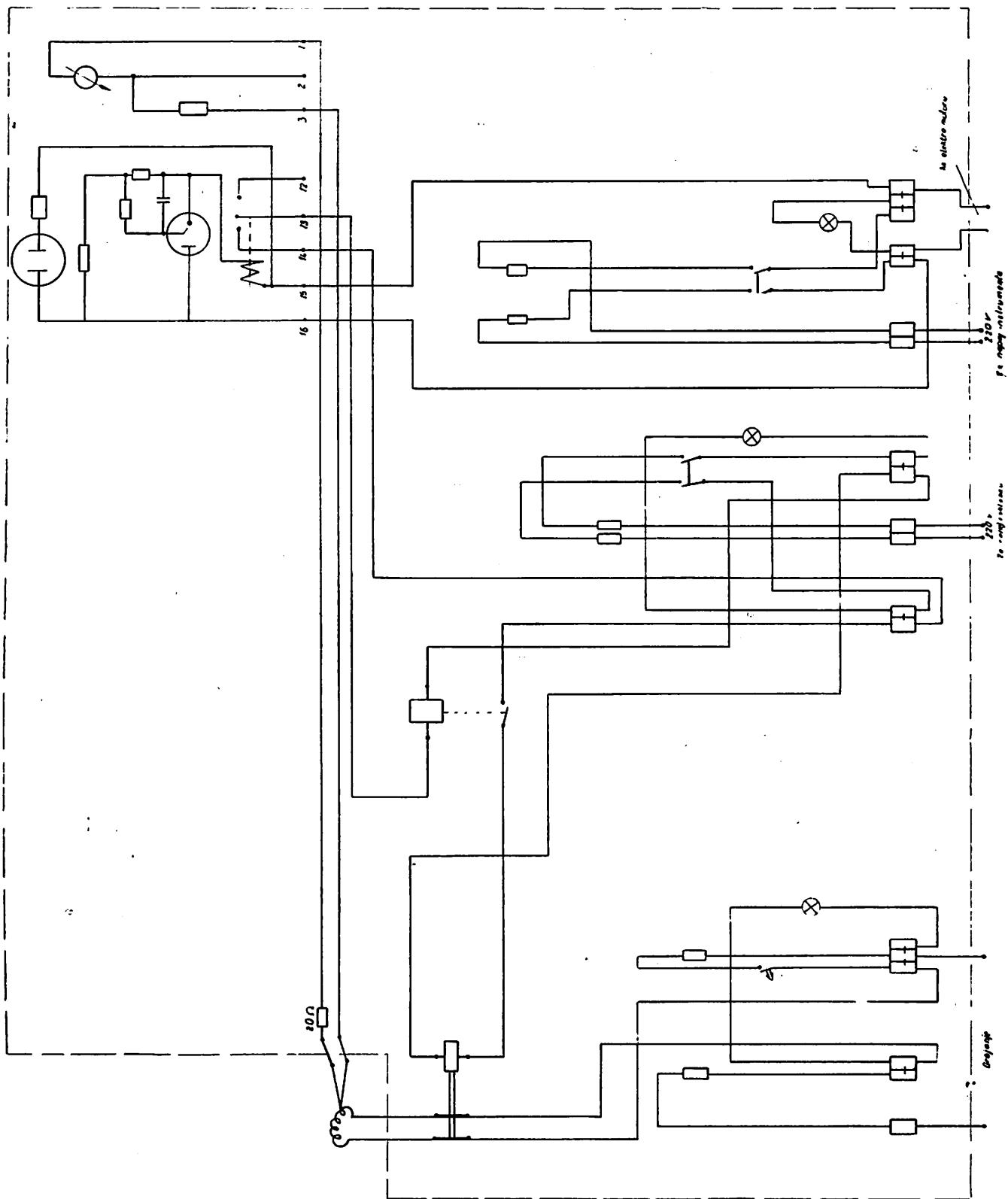
Sl. 3 — Šema strujnih kola.  
Fig. 3 — Electric cycle diagram.

gulacionom transformatoru. O temperaturnom stanju grejača neprekidno obaveštava merni deo instrumenta koji daje signal preko termoelementa (Fe-konstantan). Termoelement je postavljen tako, da meri temperaturu spoljašnje površine grejača. Signal koji šalje termoelement dovodi do pomerenja druge kazaljke na istom instrumentu, i kada ova dođe u položaj, koji je prvom kazaljkom izabran, tj. kada se temperatura grejača izjednači sa temperaturom izabra-

nost temperature i mereni vremenski interval, koji je pokazao satni mehanizam.

Prema potrebi može se za istu temperaturu ponoviti više merenja radi eventualne statičke obrade podataka.

Ukoliko je temperatura grejača opala za više od  $3^{\circ}\text{C}$  (vidi grešku očitavanja instrumenta) u vremenskom intervalu dok se nije pojavila žar na uzorku, doći će do pomerenja druge kazaljke u odnosu na fiksnu (na instrumentu), tako da se fotoelektrični relaj



Sl. 4 — Montažna šema puta.  
Fig. 4 — Pult erection diagram.

ponovo vraća u prvobitno stanje, tj. prekida se strujno kolo pomoćnog releja  $PR$ , a ovo prekida napajanje tela kontaktora  $VK$  čime se zatvaraju kontakti koji održavajuju struju grejanja. To znači, da se dalje nastavlja proces grejanja. Ciklus se zatim ponavlja sve do pojave žara. Na sl. 3 i 4 prikazana je električna šema veze grejača sa regulacionim i mernim delom aparature.

Kada je završeno merenje za izabranu temperaturu, onda se istim zavrtnjem na instrumentu odabira druga temperatura (sa proizvoljnim  $\Delta t$ ), a celokupan proces merenja se obavlja na isti način kao i za prethodno izabranu temperaturu. Ovi mereni podaci zatim daju dijagram ( $t - \tau$ ).

#### Procena greške očitavanja mernih podataka

Pri merenju temperature greška može da nastane usled više uzroka. To su: osetljivost pretvaračkog dela (termospreg), osetljivost instrumenta, promena napona mreže iz koje se vrši napajanje aparature, itd. O tim greškama neće se diskutovati, već samo o grešci nastaloj pri uključivanju i isključivanju regulatora temperature. Kako je regulacioni instrument u isto vreme i pokazni instrument, takva greška može da se odredi ovako:

dužina skale instrumenta  $TR_f_2$  je 91 mm za područje temperature  $20^\circ - 250^\circ C$  razlici od  $\Delta t = 10^\circ C$  odgovara  $1 \approx 4$  mm.

Instrument reaguje na inkrement skale  $\Delta t = 1,5$  mm, pa se za linearnu interpolaciju može da napiše:

$$\frac{10^\circ C}{\Delta t_1} = \frac{4}{1,5}$$

$$\Delta t_1 = \frac{10 \cdot 1,5^\circ C}{4} \approx 4^\circ C$$

Za područje temperature  $20 - 400^\circ C$  razlici od  $\Delta t = 10^\circ C$  odgovara  $1 \approx 2,4$  mm. Pošto instrument reaguje na inkrement skale  $\Delta t = 1,5$  mm, greška je data proporcijom:

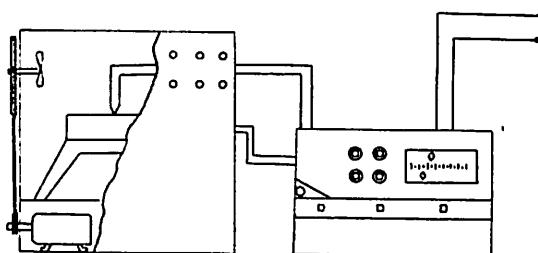
$$\frac{10^\circ C}{\Delta t_2} = \frac{2,4}{1,5}$$

$$\Delta t_2 = \frac{10 \cdot 1,5}{2,4} = 6,25^\circ C$$

Druga varijanta aparature razlikuje se samo u tome, što se grejna površina nalazi u posebnoj komori, kroz koju može da struji vazduh. Strujanje vazduha potpomognuto je jednom elisom koju pokreće elektromotor. Elisa čini jedan obrtaj u sekundi (sl. 5).

Proračun za protok vazduha, brzinu proticanja gasa i sastav gasne smeše detaljno je izведен u projektu.

Iz prethodnog izlaganja se vidi, da ova aparatura (obe varijante) nisu podesno rešenje. Međutim, ovo rešenje je usvojeno iz trenutnih praktičnih razloga. Trebalo je hitno i sa već postojećim elementima na našem tržištu napraviti aparatuру koja omogućava navedeno merenje.



Sl. 5 — Aparatura sa zatvorenom grejnom površinom.

Fig. 5 — Apparatus with heating surface shut.

Za jedan dalji, perspektivniji i daleko-sežniji rad aparature za merenje zapaljivosti ugljene prašine, predviđeno je novo idejno rešenje. Ovo rešenje bi se sastojalo u sledećem.

Osnovna koncepcija zadržće osnovne konture a pretrpeće samo neznatne promene koje izazivaju sledeća dva uslova:

1. potrebno je ostvariti električnu vezu između satnog mehanizma, signala temperature i signala koji ukazuje na trenutak zapaljivosti ugljene prašine, kako bi se proces automatizovao ili po potrebi i programirao;

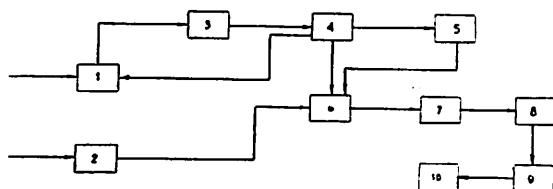
2. mereni podaci treba da se unose u dijagram automatski preko posebnog elektronskog kola i servomehanizma.

Razmotrimo sada ove tačke detaljnije.

Treba pripremiti proizvoljan broj uzorka (ukupno  $b$ ) i to  $a$  identičnih, tako da je  $b = n_k a_i$ , gde je  $n$  ceo broj i predstavlja

tačke u kojima treba meriti vreme. Za istu temperaturu uzorci se rukom postavljaju na grejnu površinu. Zatim se aktivira taster, koji zatvara strujno kolo za napajanje grejača i priprema rad ostalih pomoćnih elemenata i regulacionog instrumenta.

Da bi se ostvarila električna veza satnog mehanizma (sada elektronski brojač) signala, koji pokazuje da je temperatura grejača dostigla izabranu vrednost (trenutak kada se aktivira relaj PR i drugi elementi) i signala koji ukazuje na trenutak pojave žara u uzorku, potrebno je postaviti nove elemente. To su: fotoćelija, elektronski brojač, naponski selektor, diskriminor, memorija i relaj.

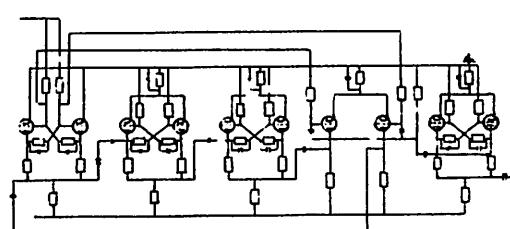


Sl. 6 — Blok šema uređaja za automatsko čitanje t-diagrama.

1 — grejač; 2 — fotoćelija; 3 — termoelement; 4 — regulator temperature; 5 — memorija I; 6 — brojač; 7 — memorija II; 8 — računar; 9 — servopojacivač; 10 — elektronski pisač.

Fig. 6 — Block arrangement for automatic reading device of t-diagram.

U trenutku izjednačenja temperature grejača sa izabranom temperaturom na kojoj se meri vreme zapaljivosti ugljene prašine dobija se signal na gasnoj cevi regulacionog uređaja (prema sadašnjoj koncepciji taj se signal dobija na elektronskoj cevi, sl. 3 i 4).



Sl. 7 — Principijelna šema brojača.

Fig. 7 — General arrangement of the counter.

Kod automatskog procesa merenja ovaj signal treba uvoditi u dva posebna bloka. Jedan ide u memoriju, koja je prethodno primila izdiktirane podatke o merenju, gde se »briše« podatak da je merenje vremena na toj temperaturi počelo ( $n_1 = 1; a_1 = 1$ ). Isti ovaj signal uvodi se u elektronski brojač, koji u istom trenutku počinje da odbrojava (tačnije rečeno da meri vreme). Brojanje traje sve dok se ne dobije signal iz foto-ćelije da se ugljena prašina u uzorku zapalila. U tom trenutku završen je proces merenja vremena (tj.  $n_1 = 1; a_1 = 1$ ), a taj isti signal uvodi se u drugu memoriju ili u blok za čitanje podataka.

Ukoliko bi u ovom vremenskom intervalu došlo do hlađenja u tolikoj meri da treba da se ponovo uključi grejač, prva memorija daje signal da proces merenja nije završen, kako ne bi došlo do novog (lažnog) signala, koji bi izvršio isključivanje brojača. Ova blokada brojača traje sve dok se proces merenja vremena obavlja, tj. do pojave žara, bez obzira koliko puta može da nastane uključivanje i isključivanje grejača (u ovom vremenskom intervalu). Kada je ovo merenje završeno, vrši se deblokada brojača, tj. ovaj se priprema za sledeći ciklus merenja. Zatim se postavlja novi uzorak koji treba meriti na istoj temperaturi ( $n_1 = 1; a_2 = 2$ ). Kada je grejač ponovo došao do željene temperature (ista temperatura kao kod  $n_1 = 1; a_1 = 1$ ), opet se formira signal, na isti način kao i u prethodnom slučaju, koji se takođe paralelno uvodi i to: jedan u prvu memoriju, gde »briše« podatak da je počelo novo merenje ( $n_1 = 1; a_2 = 2$ ). Drugi signal ima istu funkciju kao i u prethodnom slučaju ( $n_1 = 1; a_1 = 1$ ), tj. da aktivira brojač i izvrši takvu blokadu da on ne može da primi lažni signal i vrši brojanje, sve do pojave signala iz foto-ćelije, tj. kada se pojavi žar. Dalje se ciklusi ponavljaju sve do  $n_1 = 1; a_i = i$ , gde je  $a_i = i$  broj merenja na datoј temperaturi.

Svi podaci za merenja se mogu ili prepisati sa izlaznog bloka koji daje vrednosti merenog vremena, ili obraditi u posebnom računaru. Za neku novu temperaturu ( $n_2 = 2; a_1 = 1 \dots a_i = i$ ) obavi se isti ciklus merenja, i to sve do  $n_k = k; a_i = i$ , kada prva memorija izbriše registrovane podatke.

Već iz ovog izlaganja se vidi, da se postavljanje uzorka mora obaviti u sredini kod koje nema mogućnosti da foto-ćelija (koja prima signal da se pojavila žar) dobije lažan signal. Ovo može da se ostvari u svakoj sredini u kojoj je onemogućeno prisustvo lažnih elektromagnetskih talasa one talasne dužine koju emituje žar, odnosno da se omogući registrovanje samo onih talasa koje emituje žar. To znači, da fotoelektrični pretvarač mora da reaguje samo na određene boje, tj. određene talasne dužine. Što se tiče načina za određivanje talasnih dužina zapaljive ugljene prašine stoje nam na raspolaganju sledeće relacije:

$$\text{Vinov zakon} — \lambda_{max} = 0,26 \frac{1}{T}$$

$$\text{Plankova jednačina} — E = \frac{hv}{eKT - 1}$$

$$\text{Stefan-Bolcmanov zakon zračenja} — U = \sigma T^4$$

Kapacitetom memorije fiksiran je broj merenja, tako da se ova može koristiti samo za određeno merno područje.

Ako želimo da automatski unosimo podatke u dijagram, onda se obrađeni mereni podaci (temperature su unapred izabrane) za prvo vreme uvode u memoriju, a zatim

u računar, odakle se dobija srednja vrednost vremena zapaljivosti ugljene prašine na izabranoj temperaturi. Dobijeni podatak uводи се у servopojačavač koji aktivira mehanizam pisača i na dijagramu upisuje ovu vrednost.

Blok ovog uređaja prikazan je na sl. 6.

Na sl. 7 prikazana je principijelna šema brojača.

U slučaju da se merenje zapaljivosti ugljene prašine vrši ovako zamišljenom aparaturom, u slučaju zatvorene grejne površine nisu potrebni posebni uslovi rada radi zaštite fotoelektričnog pretvarača od prijema lažnih signala. U tom slučaju sama komora može da posluži kao zaštita.

Ukoliko bi se u načelu prihvatile ovakva koncepcija rešenja, onda je potrebno još pre izrade glavnog projekta raščistiti sa nizom drugih pitanja, koja su povezana sa ekonomsko-tehničkom opravdanošću izrade takve aparature.

To znači, da je potrebno odrediti efikasnost aparature, tj. koliko merenja može da izvrši u jedinici vremena; da li je stalno ili povremeno bila iskorišćavana; kolika je približna cena koštanja ovakve aparature i vreme amortizacije; zatim, treba odabrati varijantu, koja bi u našim uslovima dala najbolje tehničke i ekonomске rezultate.

## SUMMARY

### About the Apparatus for Determining Temperature — Time Characteristic for the Laboratory Measuring Coal Dust Inflammability

Lj. Petrović, el. eng.\*)

In order that our mining could be kept up to date, the Mining Institute is making considerable efforts, amongst the others, introducing the new equipment in its laboratories. Here is given a description of the apparatus for determining coal dust inflammability and the possibility of making more up to date equipment for this purpose. The whole device is made from the locally produced equipment, so that the changing of elements can be easily accomplished.

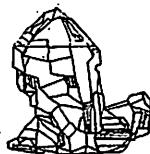
Intention for eventual construction of the new apparatus is to use also only locally produced equipment.

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

### L iteratura

B o l g a r s k i j , B . A . , 1964 : T e r m o d i n a m i k a i t e - M a l i Ć , D . , 1964 : T e r m o d i n a m i k a i t e r m o t e l - p l o p e r e d i č n a . — M o s k v a . n i k a . — B e o g r a d .

R a k o v ić , B . , 1962 : E l e k t r o n i k a I I . — B e o - g r a d .



## Problemi razvoja proizvodnje bakra

Prof. dr ing. Milan Jovanović

### Uvod

Bakar — crveni metal — ima retku osobinu da se u prirodi, pored ostalih javlja i kao čist metal. Inače, ovu osobinu imaju samo plemeniti metali, čija su nalazišta retka i mala. Zbog toga, zatim lepog izgleda i luke obrade bakar se počeo koristiti pre svih drugih metala još u najstarija vremena za izradu ukrasa, raznih oruđa i oružja. Tehnika obrade i obim upotrebe napredovali su sa razvijkom ljudskog društva i karakterišu čijave epohe toga razvoja.

Bakarno doba predstavlja dug period predistorijskog razvitka čovečanstva zasnovanog na upotrebi bakra dobivenog iz prirodnih nalazišta u obliku čistog metala. Bronzano doba nastupilo je sa saznanjem čoveka da se dodatkom bakru drugog metala — kalaja, postiže veća tvrdoća, što je dovelo do izrade oruđa i oružja boljeg kvaliteta. Mnogo kasnije, sa otkrićem cinka počela se proizvoditi i druga važna legura bakra — mesing. Ove legure bakra imale su široku primenu kroz celo istorijsko doba čovečanstva.

Otkriće električne energije i njena prima- na bilo je impuls za brzi razvoj proizvodnje i korišćenje bakra u naše doba. Nijedan drugi metal, izuzev srebra, nema takvu sposobnost provođenja električne struje. Osim toga, legure bakra imaju takođe veliku toplotnu provodljivost i otpornost protiv korozije. To čini bakar nezamenljivim za mnoge po-

trebe. Bakar se koristi za izradu električnih motora i generatora, telekomunikacijskih uređaja, prenos električne energije, zatim u automobilskoj industriji i građevinarstvu. Iako se innoga radilo na zameni bakra drugim metalima i u novije vreme plastičnim masama, on je ostao najviše traženi metal masovne potrošnje.

Strategijski značaj bakra nije ništa manji od njegove mirnodopske upotrebe. U ratnoj tehnici je bakar nezamenljiv, ne samo kao neophodan materijal u proizvodnji klasične municije nego i modernog oružja. Tako se računa da je u drugom svetskom ratu svaki tenk imao u svojoj konstrukciji 350—400 kg ovog metala, avioni bombarderi prosečno 1.000 kg, a bojni brodovi oko 1.000 t. Ogromne količine bakra utrošene su za izradu municije. Tvrdi se, da je američki top kalibra 37 mm trošio na svakih 20 minuta paljbe približno 1.000 kg, a eskadrila od 50 aviona u 1 minuti borbe oko 7.000 kg. Velika količina bakra trošila se i za druge ratne potrebe.

Ovako veliki mirnodopski i strategijski značaj bakra s jedne strane i neravnometerna raspodela rudnih ležišta na drugoj strani, dovode u raznim vidovima do problema u međunarodnim odnosima. Industrijski razvijene zemlje kao veliki potrošači bakra teže da zadrže ekonomski i politički uticaj nad nerazvijenim zemljama — posednicama rudnih ležišta ovog neophodnog metala.

## Proizvodnja i potrošnja bakra u svetu

### Rudne rezerve

Ocena svetskih rezervi bakra u rudnim ležištima može da bude samo približna. Istraženost mnogih rudnih oblasti je nedovoljna. Podaci o utvrđenim rezervama metala su oskudni i često kontradiktorni. Donji sadržaj bakra u rudi za ekonomičnu eksploataciju zavisi od mnogih tehničkih i ekonomskih faktora. To otežava razgraničenje između balansnih i vanbalansnih rezervi metala. Prema američkim podacima iznetim u poznatom Pelley-Report\* rudne rezerve u svetu iznose oko 230 miliona tona bakra (tabl. 1). Od toga se blizu jedna polovina nalazi u Africi, a jedna trećina u Čileu, što zajedno čini 80% svih svetskih rezervi ovog metala.

Tablica 1  
Rezerve bakra u svetu (u 000 t)

| Zemlja           | Kategorija rud. rezervi |                |               | Ukupno         | Udeo %     |
|------------------|-------------------------|----------------|---------------|----------------|------------|
|                  | A                       | B              | C             |                |            |
| Čile             | —                       | 75.000         | —             | 75.000         | 32         |
| Severna Rodezija | 18.000                  | —              | 50.000        | 68.000         | 30         |
| Kongo            | —                       | 10.000         | 30.000        | 40.000         | 17         |
| USA              | —                       | 25.000         | —             | 25.000         | 11         |
| SSSR             | —                       | 16.000         | —             | 16.000         | 7          |
| Kanada           | —                       | 7.125          | —             | 7.125          | 3          |
| <b>Ukupno</b>    | <b>18.000</b>           | <b>133.125</b> | <b>80.000</b> | <b>213.125</b> | <b>100</b> |

Uzimajući u obzir gubitke metala pri eksploataciji i preradi rude i rastuću proizvodnju bakra, ove rezerve bi po gruboj oceni bile iscrpljene za idućih 20—25 godina. Međutim, može se očekivati da će u tome periodu biti otkrivena nova i proširena stara ležišta bakra.

Savremena tehnika eksploatacije rudnih ležišta i novi usavršeni tehnološki postupci prerade rude omogućuju ekonomičnu proizvodnju bakra iz ruda sa niskim sadržajem ovog metala. Veliki deo svetske proizvodnje bakra dobiva se danas iz rude sa sadržajem bakra ispod 1%. Već danas su svetske rezerve bakra četiri puta veće od navedenih ako se uzmu u obzir i ležišta koja bi snizila srednji procenat bakra u rudi sa 0,9 na 0,5%. Osim toga, uveliko se proučavaju mogućnosti dobivanja metala iz ležišta sa dna mora i okeana. Stoga za dugo vreme neće doći do osiromašenja sveta na ovoj vrednoj sirovini.

Potrebe u bakru pokrivaju se jednim delom ponovnom preradom korišćenog bakra, tj. starog ili tzv. »sekundarnog bakra«.

### Proizvodnja i potrošnja bakra

Rudarska proizvodnja bakra predstavlja bakar u otkopanoj rudi. Metalurška proizvodnja tzv. »primarnog bakra«, tj. dobivenog iz rude je niža za 10—20% zbog gubitaka metala kod prerade rude. Najveći deo gubi se u procesu obogaćenja rude u koncentrat

Učešće glavnih proizvodača bakra u svetskoj proizvodnji i potrošnji — 1963. g.

| Zemlja         | Rudarska proizvodnja |              | Proizvodnja elektr. bakra |              | Potrošnja    |              |
|----------------|----------------------|--------------|---------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                | u 000 t              | %            | u 000 t                   | %            | u 000 t      | %            |
| USA            | 1.097                | 23,8         | 1.722                     | 32,0         | 1.549        | 28,8         |
| SSSR           | 600                  | 13,0         | 720                       | 13,3         | 750          | 13,9         |
| Čile           | 600                  | 13,0         | 259                       | 4,8          | 16           | 0,3          |
| Sev. Rodezija  | 588                  | 12,8         | 439                       | 8,1          | —            | —            |
| Kanada         | 416                  | 9,1          | 344                       | 6,4          | 154          | 2,9          |
| Kongo          | 271                  | 5,9          | 131                       | 2,4          | —            | —            |
| Peru           | 177                  | 3,9          | 37                        | 0,7          | —            | —            |
| Japan          | 107                  | 2,3          | 295                       | 5,5          | 353          | 6,5          |
| Zap. Nemačka   | 67                   | 1,4          | 303                       | 5,6          | 493          | 9,1          |
| Vel. Britanija | —                    | —            | 214                       | 4,0          | 558          | 10,3         |
| Ostali svet    | 688                  | 14,8         | 947                       | 17,2         | 1.511        | 28,2         |
| <b>Ukupno</b>  | <b>4.611</b>         | <b>100,0</b> | <b>5.411</b>              | <b>100,0</b> | <b>5.384</b> | <b>100,0</b> |

\*) New York, 1952. g.

za topljenje. Koncentrat sadrži 15—30% bakra, tako da donékle podnosi transport. Posledica toga je izvesno pomeranje metalurške proizvodnje prema centrima potrošnje ovog metala. To pomeranje je još uvek kod rafinacije, odnosno kod proizvodnje elektrolitnog bakra (tabl. 2). Rudarska proizvodnja bakra u svetu povećala se sa 2 miliona tona u 1938. godini na 4,90 miliona tona u 1964. godini ili za blizu 2,5 puta. Proizvodnja elektrolitnog bakra je nešto veća, jer se jedan deo sekundarnog bakra takođe prerađuje na ovaj kvalitet metala. Svetska proizvodnja elektrolitnog bakra u 1964. godini iznosila je 5,4 miliona tona\*.

Oko 80% svetske proizvodnje rafinisanog bakra koncentrisano je u osam zemalja od kojih su šest industrijski najrazvijenije zemlje u svetu: USA, SSSR, Kanada, Zap. Nemačka, Vel. Britanija i Japan. Poslednje tri zemlje učestvovali su 1963. godine u rudarskoj proizvodnji svega sa 3,7%, dok je u svetskoj proizvodnji elektrolitnog bakra njihovo učešće iznosilo 15,1%.

Potrošnja bakra je još više koncentrisana na industrijski razvijene zemlje. Opet samo Velika Britanija, Zap. Nemačka i Japan, koji imaju gotovo beznačajnu rudarsku proizvodnju bakra u svetskoj potrošnji učestvuju sa preko 25%. Veliki proizvođači Čile, Sev. Rodezija, Kongo i Peru daju svetu oko 35% bakra, a nemaju gotovo nikakvu potrošnju. Sav bakar iz ovih zemalja odlazi u industrijski razvijene zemlje.

#### Perspektivni razvoj

Povećanje potrošnje bakra bilo je između dva svetska rata prosečno godišnje 2%, a poslednjih 20 godina stopa porasta je 4—5%. Bakar ima sve veći značaj u savremenoj industrijskoj proizvodnji pa je njegova potrošnja velika. Stoga su u pripremi ili već u realizaciji zamašni projekti za dalji porast proizvodnje bakra\*\*. Predviđa se, da će se svetska proizvodnja povećati u periodu 1963—1970. za 1,5 milion tona, tako da će 1970. godine proizvodnja bakra iz rude, tzv. primarnog bakra da bude preko 6 miliona

\*) Metallgesellschaft A. G., Metallstatistik 1954—1963, Frankfurt a/M., 1964, str. 13—19.

\*\*) Engineering and Mining Journal, January 1965, 1, str. 55—61.

tona. Najveći porast proizvodnje bakra predviđa se u Čileu. Novim programom razvoja koji je izradila vlada ove zemlje i osigurala njegovo finansiranje, povećaće se proizvodnja bakra za novih 400.000 t/g., tako da će da se popne na 1,0 mil. t/g. Povećanje proizvodnje u USA iznosiće u tome periodu 300.000 t/g., pa će 1970. godine proizvodnja ovog metala u USA da se poveća na oko 1,5 milion tona. U SSSR-u se izgrađuje, pored ostalih, rudnik Almalik kod Taškenta sa godišnjim kapacitetom proizvodnje 23 miliona tona rude sa sadržajem prosečno 0,7% bakra. Kapacitet topionice i elektrolize je predviđen na 150.000 t/g. U Evropi značajne projekte ima Poljska, čija proizvodnja bakra treba da se poveća sa sadašnjih 25 na 150 hiljada tona godišnje. U Bugarskoj je u toku izgradnja druge faze rudnika Medet za novih 4 miliona tona rude, tako da će ukupni kapacitet biti 8 miliona t/g. sa prosečnim sadržajem bakra 0,36%. U Rumuniji se takođe gradi postrojenje za proizvodnju bakra. Ovo su samo neki primjeri koji treba da ilustriju zahvat koji je u toku na području proizvodnje bakra u svetu.

#### Proizvodnja i potrošnja bakra u Jugoslaviji

##### Rudne rezerve

Naša zemlja je poznata u svetu po značajnim rudnim rezervama i proizvodnji metala, a posebno bakra. Najveće rezerve bakarne rude u Evropi, izuzimajući SSSR, nalaze se u našoj zemlji. One iznose prema stanju od 1. I 1963. godine 288 miliona tona rude sa prosečno 0,912 Cu, ili ukupno oko 3 miliona tona metala, što čini 1,3% svetskih rezervi bakra.

Tablica 3

##### Rudne rezerve bakra u Jugoslaviji

| Rudnik    | Ruda<br>u 000 t | Sadržaj<br>% Cu | Metal<br>u 000 t | Udeo<br>% |
|-----------|-----------------|-----------------|------------------|-----------|
| Bor       | 51.056          | 1,46            | 745              | 29        |
| Majdanpek | 236.900         | 0,79            | 1.861            | 71        |
| Ukupno    | 287.956         | 0,912           | 2.606            | 100       |

Preko dve trećine rudnih rezervi je u rudniku Majdanpek, a ostatak u Boru (tabl. 3.). Sadržaj bakra u borskoj rudi je 1,11%

i veći je nego u rudi Majdanpeka, koja sadrži prosečno 0,77% Cu. Srednji sadržaj balansnih rezervi oba rudnika je cca 0,88% Cu, što je još uvek znatno više od nekih rudnika u svetu. Tako na primer rudnik Ithaca Peak u Arizoni (USA) ima srednji sadržaj bakra 0,6—0,7%, rudnik Copper Mounten (Kanada) ima 0,54%, rudnik Medet (Bugarska) samo 0,36% Cu. Stoga su potencijalne rezerve u oba naša rudnika još daleko veće od navedenih balansnih rezervi. Vanbalansne rezerve rude u Majdanpeku sa 0,6% Cu iznose već sada 84 miliona tona ili oko 500.000 tona metala. Sa ovim zajedno rezerve rude penju se na 418 miliona sa prosečnim sadržajem 0,82% Cu ili na ukupno 3,5 miliona tona metala. Potencijalne mogućnosti rudarskog bazena Majdanpek-Bor su verovatno još daleko veće.

#### Proizvodnja bakra

Proizvodnja bakra u industrijskom obimu stara je kod nas punih 60 godina. Ona je doskora dolazila samo iz rudnika Bor. Eksploracija rudnika Majdanpek počela je tek 1961. godine.

Metalurška proizvodnja bakra iznosila je 1938. godine 42.000 t, a danas oko 50.000 t/g, što predstavlja povećanje od 1,2 puta u odnosu na predratni nivo. Sa ovom proizvodnjom naša zemlja zauzima drugo mesto u Evropi (bez SSSR). Od nas proizvodi više samo Zapadna Nemačka na bazi stranih koncentrata. Naš udeo u rudarskoj proizvodnji bakra u Evropi (bez SSSR) iznosi 30%, a u metalurškoj proizvodnji 16%. Sto-

pa porasta proizvodnje bakra kod nas je bila poslednjih 20 godina znatno manja nego u svetu. Stoga je naš udeo u svetskoj proizvodnji bakra opao sa 2,17%, koliko je iznosio 1938. godine na 1,07% u 1963. godini

Razlog ovome nije bilo smanjenje rudnih rezervi. One su znatno porasle otvaranjem rudnika Majdanpek. Međutim, procenat bakra u rudi se smanjio u rudniku Bor. Bogata ruda je najvećim delom iscrpljena i samo još mali deo može ekonomično da se preradi bez prethodnog flotiranja. Takođe se pristupilo eksploraciji rude koja se ranije tretirala kao neekonomična za preradu. Stalno se povećava količina rude koju treba otkopati i preraditi da bi se dobila 1 tona bakra (tabl. 4.). Još pre otvaranja rudnika Majdanpek, ovo je karakterisalo domaću proizvodnju bakra. Samo u periodu 1951—1960. g., narasla je količina preradene rude po 1 toni bakra za oko 2,5 puta. Na početku ovog perioda bilo je potrebno 37 tona rude, a na kraju 90 tona po 1 toni metala. Potom je u tome pravcu delovalo takođe otvaranje rudnika Majdanpek.

Tablica 4

#### Upoređenje proizvedene rude i bakra

| Godina        | Ruda<br>u 000 t | Bakar<br>t | Prerada<br>rude<br>t/t bakra |
|---------------|-----------------|------------|------------------------------|
| 1951.         | 1.173           | 32.011     | 37                           |
| 1956.         | 1.740           | 29.383     | 60                           |
| 1960.         | 2.700           | 30.000     | 90                           |
| 1965.         | 6.000           | 50.000     | 120                          |
| 1970. (ocena) | 9.700           | 72.000     | 135                          |
| 1973. (ocena) | 13.500          | 95.000     | 142                          |

Tablica 5

#### Programom predviđeno povećanje proizvodnje (1966—1973)

| Proizvodi          | Mere          | Kapacitet  |            | Ukupno      |
|--------------------|---------------|------------|------------|-------------|
|                    |               | sada       | povećanje  |             |
| Ruda Majdanpek     | mil. t        | 3,6        | 7,4        | 11,0        |
| Ruda Bor           | mil. t        | 2,2        | 0,3        | 2,5         |
| <b>Ukupno ruda</b> | <b>mil. t</b> | <b>5,8</b> | <b>7,7</b> | <b>13,5</b> |
| Konc. Majdanpek    | hilj. t       | 121        | 231        | 352         |
| Konc. Bor          | hilj. t       | 112        | 34,3       | 146         |
| Bakar              | hilj. t       | 48         | 47         | 95          |
| Srebro             | t             | 13,3       | 13,2       | 26,5        |
| Zlato              | kg            | 292,4      | ?          | ?           |
| Selen              | kg            | 7.900      | 2.100      | 10.000      |
| Koncentrat pirita  | t             | 360.000    | 60.000     | 420.000     |

Za održavanje proizvodnje bakra na određenom nivou, pod ovakvim uslovima, potrebno je odgovarajuće povećanje kapaciteta za eksploataciju i preradu rude, kao i njihova adaptacija tim uslovima. U tom pravcu razvijali su se rudarski kapaciteti u Boru. Otvaranjem rudnika Majdanpek i izgradnjom nove topionice u Boru proizvodnja bakra se udvostručila.

#### Potrošnja bakra

Potrošnja bakra u našoj zemlji bila je neznatna u predratnom periodu. Ona je iznosila svega 4.000 t/g., a preduzeća za preradu bakra imala su zanatski karakter. Posle rata učinjen je veliki napredak na ovome području. Izgrađena su dva velika i moderna preduzeća za preradu bakra: valjao-nica u Sevojnu i fabrika kablova u Svetozarevu. Pored toga, proširena su i modernizovana postrojenja »Novkabel« u Novom Sadu, »Elka« u Zagrebu, »Livarna« u Mariboru i izgrađena su manja postrojenja i valjanice u Nišu i Prokuplju. Ukupni kapaciteti ovih preduzeća za preradu bakra iznose oko 80.000 t — veći su od domaće proizvodnje ovog metala. Tako je naša zemlja prestala da bude izvoznik neprerađenog bakra, a od 1958. godine počela je čak da ga uvozi u količini od oko 15.000 t/g., a za buduće predviđa se uvoz od 25—30.000 t. Značajno mesto u radu ovih preduzeća ima sada prerada starog — »sekundarnog« — bakra. Proizvodi od bakra koje daju ova preduzeća stekli su dobar renome u pogledu kvaliteta zahvaljujući, između ostalog, kvalitetu bakra koji se dobiva iz naših ruda.

#### Perspektivni razvoj proizvodnje bakra u Jugoslaviji

##### Potrebe i mogućnosti povećanja proizvodnje bakra

Perspektiva potrošnje bakra u svetu i kod nas nameće kao nužnost dalji razvoj proizvodnje bakra. U svetu je u toku realizacija zamašnih poduhvata u tome pravcu. Sirovinska baza u našoj zemlji omogućava

sličan razvoj i kod nas. Polazeći od sada poznatih rudnih rezervi (418 miliona tona sa 0,82% Cu) i uzimajući u obzir gubitke u eksploataciji i preradi rude (oko 20%), proizvodnja bakra na nivou od 100.000 t/g. bila bi osigurana za 30 godina, a to je više nego što odgovara u svetskim razmerama. Može se očekivati da će rezerve rude i kod nas porasti u tome periodu i da će se dalje usavršiti tehnologija, tako da omogući ekonočnu preradu siromašnih bakarnih ruda koje se danas smatraju vanbalansnim rezervama.

Kapaciteti za preradu bakra u zemlji pre rašće na 125.000 t/g., dovršenjem proširenja i rekonstrukcije metaloprerađivačkih preduzeća, a što je već u toku. S tim će se dobiti baza za dalju finalizaciju u preradi bakra, što će omogućiti visokoakumulativnu industrijsku proizvodnju.

Potrošnja bakra i gotovih proizvoda ovog metala je u porastu. Struktura potrošnje bakra je takva da će potrošnja biti stalna. Prema tome, razvoj proizvodnje bakra i metaloprerađivačke industrije na bazi ovog metala je nužan, jer nam osigurava važno mesto u međunarodnoj podeli rada za dug period u budućnosti.

#### Program dalje izgradnje rudarsko-topioničkih kapaciteta bazena Bor — Majdanpek

Program investicione izgradnje RTB-Bora predviđa proširenje i rekonstrukciju postojećih postrojenja da se približno udvostruči sadašnji kapacitet proizvodnje bakra (tabl. 5).

Povećanje proizvodnje rude zasniva se na daljoj izgradnji rudnika i flotacije u Majdanpeku sa sadašnjeg kapaciteta od 3,6 na 11 miliona tona rude godišnje. Rudnik i flotacija u Boru će se takođe proširiti i rekonstruisati, tako da se omogući povećanje proizvodnje i prerade rude sa 2,2 na 2,5 miliona t/g. uz poboljšanje iskorišćenja bakra. Ukupna proizvodnja rude u oba rudnika, tj. u Boru i Majdanpeku zajedno iznosiće 13,5 miliona tona godišnje, a koncentrata cca 500 hiljada tona, od čega po bakru otpada na proizvodnju Majdanpeka oko tri četvrtine. Proširenjem i rekonstrukcijom

topionice, elektrolize i zlatare proizvodnja metala će iznositi:

|        |                  |       |
|--------|------------------|-------|
| zlata  | 90.000 — 100.000 | t/g.  |
| bakra  | 25 — 30          | t/g.  |
| srebra | 3.500 — 4.000    | kg/g. |
| selena | 8.000 — 10.000   | kg/g. |

Topionica u Boru će se proširiti dogradnjom još četiri etažne peći, zatim izgradnjom druge plamene peći, još jednog konvertora i dve anodne peći, od kojih će jedna da služi kao prihvatna peć za tečni blister — bakar. Elektroliza će se proširiti sa sadašnjeg kapaciteta od 60.000 na 100.000 t/g. Postojeća zlatara će se zameniti potpuno novom, većeg kapaciteta sa savremenijim tehnološkim procesom i elektrolitičkom rafinacijom zlata.

Na bazi povećane proizvodnje bakra programom se predviđa izgradnja moderne livenice bakra kapaciteta 50.000\* t/g. za dobivanje odlivaka valjaoničkih formata potrebnih za valjanje i presovanje valjaoničkim i kablovskim preduzećima u zemlji. Na taj način će se izbeći izgradnja malih kapaciteta za tu fazu prerade u postojećim preduzećima.

Programom je takođe predviđena izgradnja normalne željezničke pruge Majdanpek — Bor, jer će se utrostručiti količina koncentrata iz Majdanpeka i teško opteretiti željeznički transport na postojećim prugama u istočnoj Srbiji. Izgradnjom pomenute pruge skratice se transport koncentrata za oko 400 km, što je takođe neophodno u tehničkom i ekonomskom pogledu, jer se mora osigurati ravnomeran prevoz ogromne količine koncentrata i sniziti gubici ovoga na putu kao i troškovi proizvodnje bakra. Osim toga, ova željeznička pruga ima značaj koji daleko prelazi okvire rudarsko-topioničkog bazena Bor-Majdanpek.

Investiciona ulaganja po programu bez pruge po cenama iz 1965. godine iznose 142 milijarde dinara, od čega na osnovna sredstva otpada 133,5 milijardi dinara. Povećanje vrednosti robne proizvodnje na bazi ovog programa izgradnje i cena iz 1965. godine će biti 50,0 milijardi dinara godišnje.

\*) U livenici i valjaonici bakra od 50.000 proizodiće se beskiseonički bakar i to: 20.000 t vajerbara, 15.000 t koksa i 15.000 t oblica.

### Problemi izgradnje novih kapaciteta za proizvodnju bakra

Realizacija programa povećanja proizvodnje bakra u navedenom obimu ima neosporno ogroman značaj za našu privredu. Istovremeno je to zamašan poduhvat u tehničkom pogledu. Mnogi složeni problemi traže celishodno rešenje da bi investiciona ulaganja donela maksimum onoga, što se očekuje i što je moguće postići. Proširenje i rekonstrukciju obično je teže izvesti, nego izgraditi nova postrojenja, pogotovo ako polazna tehnička osnova nije bila predviđena za kasnije proširenje ili ako je opterećena nedostacima i prevaziđenim tehničkim rešenjima.

Izgradnja rudarsko-topioničkih objekata zahteva prethodno utvrđivanje svih elemenata koji predodređuju kapacitet proizvodnje za duži period. Potrebno je sagledati perspektivu promena tih elemenata. Naročito je značajna ocena sirovinske baze. Koncepcija izgradnje mora da se zasniva ne samo na utvrđenim rudnim rezervama, nego i na analizi njihovog daljeg razvoja. Jedinstvena ili fazna izgradnja postrojenja treba da se izvodi u okviru tako sagledanog perspektivnog kapaciteta. U protivnom, ako se ne očeni ili se zanemari perspektivni razvoj sirovinske baze, izgradnja rudarsko-topioničkih objekata nosi slabosti i nedostatke. To se ogleda u načinu izgradnje, izboru kapaciteta, tehničkim rešenjima, razmeštaju postrojenja i njihovom lociranju. Otklanjanje tih nedostataka u daljoj izgradnji često nije više moguće i uvek je povezano sa povećanim materijalnim ulaganjima. Takva izgradnja donosi manje koristi nego što to pružaju prirodni uslovi.

Dalji razvoj bazena bakra, najvećeg i najznačajnijeg rudnog blaga naše zemlje, nužno je sagledati iz tog aspekta. Sledeća faza proširenja rudarsko-topioničkog bazena Bor-Majdanpek treba da bude usklađena sa sadašnjim mogućnostima i daljim izgledima razvoja proizvodnje i potrošnje bakra kod nas i u svetu. Kako su mogućnosti i perspektiva na tom području veoma povoljni, to nameće potrebu većeg zahvata u tehničkim rešenjima, nego što to predviđa program investicionie izgradnje.

Tendencija je u svetu da se već pri sadašnjem nivou tehničkih sredstava koristi bakar i iz ruda sa nižim procentom metala

nego što je to kod nas. Doduše, to pod uslovom da se izdvaja takođe sva korisna supstanca iz rude, a u tome pogledu je kod nas učinjeno malo.

Iskorišćenje bakra u preradi rude kreće se kod nas u granicama 75—85%, što je prenisko za ekonomičnu eksploraciju siromašne rude. Još je kod nas nerešeno izdvajanje u rudi oksidovanog dela bakra, koji se najvećim delom nepovratno gubi u procesu flotiranja rude.

Ruda bakra sadrži ponekad mnogo traženi legirajući metal molibden, čije korišćenje omogućuje ekonomičnu eksploraciju rude sa niskim procentom bakra, kao što je to slučaj kod rudnika Mineral Park u Arizoni (USA) sa 0,6% bakra i pomenutog rudnika Medet u Bugarskoj, gde je prosečan sadržaj bakra svega 0,36%. Ruda Majdanpeka sadrži takođe izvesnu količinu molibdena, zatim gvožđa u obliku magnetita koji bi se mogli dobiti u značajnoj količini.

Posebno je značajno da se nađe tehničko rešenje problema izdvajanja germanijuma, koji je veoma važan materijal za elektronsku industriju. Potražnja ovog metala je sve veća, što pokazuje i njegova visoka cena koja se kreće 300 \$ po kg. Koncentrat bakra iz Bora sadrži germanijuma prosečno 130 g/t, dok je njegov prosečan sadržaj u koncentratu iz Majdanpeka oko 30 g/t. Kod obima proizvodnje kako je predviđen programom proširenja RTB-Bora, koncentrati bakra će da sadrže germanijum:

|           |             |
|-----------|-------------|
| Bor       | 18 — 20 t/g |
| Majdanpek | 10 — 12 t/g |
| Ukupno    | 28 — 32 t/g |

Ukupna vrednost ovog retkog metala u godišnjoj proizvodnji koncentrata je ekvivalentna vrednosti 15.000 tona bakra. Najveći deo germanijuma iz borskog koncentrata moći će se verovatno iskoristiti, dok je teže naći ekonomično tehničko rešenje za dobivanje germanijuma iz koncentrata sa sadržajem kao što je ovaj u koncentratu Majdanpeka. Ako bi se iskoristila samo jedna polovina količine germanijuma sadržane u bakrovom koncentratu iz Bora, što odgovara jednoj trećini germanijuma sadržanoj u celokupnoj količini bakrovog koncentrata, postigla bi se proizvodnja germanijuma oko 10 t/g. To bi predstavljalo 10% svetske

proizvodnje ovog metala, koja je bila oko 100 tona u 1963. godini izuzimajući proizvodnju u SSSR-u. Vrednost proizvodnje rudarsko-topioničkog bazena Bor-Majdanpek povećala bi se za 3 miliona dolara godišnje. Ovo najbolje ilustruje potrebu rešenja problema dobivanja germanijuma koji se još uvek nepovratno gubi jednim delom u procesu flotiranja rude, a najvećim delom kod prerade koncentrata u topionici.

Daljom izgradnjom proizvodnih kapaciteta bakra moraju neodložno da se reše navedeni problemi boljeg korišćenja rudne supstance. Osim toga, potrebno je otkloniti nedostatke nekih tehničkih rešenja iz dosadašnjeg rada naročito u topionici. Odvod gasova i transport prženca u topionici izgrađeni su sa krupnim nedostacima, a način prženja koncentrata i rafinacije u anodnim pećima je prevaziđen. Sve to duboko zadire u sadašnju tehnologiju prerade rude i koncentrata. Stoga će biti nužan veći zahvat u tome pogledu kod dalje izgradnje proizvodnih kapaciteta.

Savremena proizvodnja metala zahteva usavršenu tehnologiju, jer su sve nepovoljni prirodni uslovi za njihovu ekonomičnu proizvodnju i zadovoljenje rastuće potrošnje.

### Razvoj hemijske industrije

Iskorišćenje sumpora iz rude nije samo ekonomska potreba nego dobrim delom tehnička nužnost u procesu proizvodnje bakra. Koncentrati bakra sadrže 30—40% sumpora koji odlazi sa gasom iz topionice. Vegetacioni i zdravstveni uslovi nalažu kaptiranje sumpor-dioksida iz topioničkih gasova. To tim pre, što se tako može vrlo ekonomično proizvesti sumporna kiselina. Stoga je uz topionicu u Boru izgrađena fabrika sumporne kiseline kapaciteta 230.000 t/g, računato na monohidrat. Na bazi ove je istovremeno podignuta fabrika superfosfata u Prahou kapaciteta 575.000 t/g., sa ukupno 100.000 t/g. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> u ovom produktu.

### Program proširenja hemijskih pogona u Boru i Prahou

Povećanje proizvodnje bakra povlači za sobom takođe povećanje kapaciteta za proizvodnju sumporne kiseline. Ovako velike količine sumporne kiseline mogu da se ko-

risno konsumiraju za proizvodnju fosfornih đubriva pa je nužno proširenje i tih kapaciteta u Prahovu.

Investicioni program proširenja hemijskih pogona RTB-Bora predviđa izgradnju još jedne fabrike sumporne kiseline u Boru, fabrike fosforne kiseline, uređaja za proizvodnju triplog superfosfata i fabrike natrijumtripolifosfata (tabl. 6).

**Tablica 6**  
**Program proširenja hemijskih pogona**

| Proizvodi             | K a p a c i t e t |                 |           |        |
|-----------------------|-------------------|-----------------|-----------|--------|
|                       | mere              | sada            | povećanje | ukupno |
| Sumporna kiselina     | 000 t             | 230             | 240       | 470    |
| Fosforna kiselina     | "                 | —               | 130       | 130    |
| Superfosfat           | "                 | 575 (smanjenje) | 150       |        |
| Triplisuperfosat      | "                 | —               | 300       | 300    |
| Natrijumtripolifosfat | "                 | —               | 10        | 10     |
| Kriolit               | "                 | 4,5             | 1,5       | 6      |

Nova fabrika sumporne kiseline u Boru proizvodiće 240.000 t/g. kontaktne kiseline, koja je koncentrovanija od sadašnje tornjevske. Tim se postiže ušteda u transportu do Prahova. Osim toga se kontaktna kiselina može koristiti u hemijskoj industriji pa se dobiva izvesna elastičnost u plasmanu.

Proizvodnja običnog superfosfata sa svega 17%  $P_2O_5$  tj. korisne supstance čini ovu proizvodnju malo ekonomičnom zbog skupih troškova transporta i eventualnog granuliranja i pakovanja koji se sve više traže od potrošača. Stoga se predviđa izgradnja fabrike fosforne kiseline i proizvodnja najvećim delom triplog superfosfata sa 4,5%  $P_2O_5$ . Uz to će se deo fosforne kiseline koristiti za proizvodnju 10.000 t/g. natrijumtripolifosfata potrebnog za deterdžente. Ukupna proizvodnja fosfornih jedinjenja povećaće se za oko 100 na 150 hiljada t/g.  $P_2O_5$  u obliku koncentrovanih proizvoda. Nova ulaganja za proširenje i izgradnju iznosiće u

|                    |                       |
|--------------------|-----------------------|
| — osnovna sredstva | 28,4 milijardi dinara |
| — obrtna sredstva  | 4 milijarde dinara    |
| Ukupno             | 32,4 milijarde dinara |

Vrednost godišnje proizvodnje povećaće se na oko 30 milijardi dinara ili dvostruko od sadašnjeg iznosa.

### Perspektiva i mogućnosti daljeg razvoja hemijske industrije

Razvoj hemijske industrije na bazi korišćenja sumpora iz bakarne rude treba da omogući potpuniju i racionalniju eksplotaciju rudnog ležišta, a nikako da bude kočnica povećanja proizvodnje bakra. Zato se mora obezbediti potrošnja sumporne kiseline za proizvodnju materijala potrebnih trajno u velikoj količini. To su u prvom redu fosforna jedinjenja namenjena poljoprivrednoj proizvodnji. Orientacija na koncentrovana fosforna đubriva nužna je kako iz tehničkih, tako i iz ekonomskih razloga. Ostromne količine običnog superfosfata kod rastuće proizvodnje bakra stvorile bi teške probleme u pogledu transporta. U ekonomskom pogledu troškovi transporta takvog produkta opterećuju mnogo njegovu proizvodnju.

Položaj Prahova na Dunavu i veličina rudnog ležišta sulfidne rude borsko-majdanpečkog bazena omogućuju da se razvijedaleko veći kapacitet proizvodnje fosfornih jedinjenja od programom predviđenog. Bor proizvodi sada 350.000 t/g. posle realizacije programa 1970. god. 420.000 t pirita. Iz ove količine bi se moglo proizvesti godišnje 1,2 miliona tona sumporne kiseline, a na bazi toga 350.000 t/g. fosfornih jedinjenja, izraženo u  $P_2O_5$ . To znači da bi se u Prahovu moglo proizvoditi ukupno 500.000 t/g.  $P_2O_5$  u obliku raznih fosfornih jedinjenja ili pet puta više nego do sada. Ovako veliki kapacitet može da se podigne u Prahovu zbog povoljnijih uslova za dovoz sirovog fosfata i odvoz gotovih proizvoda vodenim putem. Stoga je prerada tako velikih količina pirita moguća samo na tome mestu.

Izgradnja takvog kapaciteta fosfornih jedinjenja omogućila bi povoljno snabdevanje zemalja Podunavlja, zatim poljoprivrednih područja na jugu evropskog dela SSSR-a, kao i zemalja Bliskog istoka, koje su veliki potrošači mineralnih đubriva. Fabrike fosfornih đubriva u Prahovu i azotnih đubriva u Pančevu moguće bi odlično da se usklade u proizvodnji mnogo traženih mešanih đubriva. Ova bi trebalo da se proizvode u Pančevu za svo podunavsko potrošačko područje uzvodno od Prahova. U tu svrhu bi se dovozio deo fosfornih jedinjenja iz Prahova u Pančevu. U Prahovu bi se mešana đubriva proizvodila dovozom azotnih đubriva iz Pan-

čeva i onda mešanim đubrivom snabdevale zemlje koje u pogledu transporta leže nizvodno od Prahova. Ako se tome doda da bi se od Prahova nizvodni transport mogao isto tako dobro uskladiti sa dovozom sirovog fosfata, a uzvodni sa odvozom piritnih ogoretina za dobivanje iz njih 200.000 t/g. gvožđa u željezari Smederevo, dobiva se prava slika mogućnosti koje se pružaju u tome pogledu. Realizacija ovakve zamisli uslovljena je dugoročnom saradnjom zemalja koje bi se snabdevale mineralnim đubrivom iz Prahova.

### Zaključak

Iz izloženog proizlaze ogromne mogućnosti koje nam pružaju ležišta bakarne rude

bazena Bor-Majdanpek i to kako za razvoj proizvodnje i prerađe bakra, tako i u proizvodnji fosfornih jedinjenja i mineralnih đubriva. Razvoj ove proizvodnje u oba pravca ubrzaje i olakšaće izgradnja đerdapske hidrocentrale koja će obezbediti dovoljnu količinu jeftine električne energije, za predviđeni obim industrijskog razvoja u ovom području.

Međutim, na putu toga razvoja stoje takođe veliki problemi koje treba rešiti. Zadaci su tehnički složeni, a po materijalnim ulaganjima veliki. Shodno tome potrebno je angažovanje stručnih kadrova i svih materijalnih sredstava, jer će i rezultati toga napora biti veliki.

### SUMMARY

#### Some Problems of the Development of Copper Production

Prof. dr M. Jovanović, techn. eng.\*)

The contemporary technical exploitations of mineral deposits allow the great part of the world's production of copper to be obtained from the ores the copper content of which is below one per cent. The mine copper production in the world has grown from two millions of tons in 1938 to 4,9 millions of tons in 1964 or about 2,5 times. In the last 20 years the annual growth amounts to 4—5 per cent and it is supposed that in 1970 it will surpass six millions of tons.

The stated mine deposits in Yugoslavia in the mines of Majdanpek and Bor amount today to 288 millions of tons of ore with an average of 0,912 of Cu per cent or about 3 millions of tons of metal in total, making it 1,3 per cent of the world's copper reserves.

The degree of the production growth of copper in Yugoslavia in the last 20 years has been to a great extent smaller than that of the world. Because of the ore impoverishment the quantity of the dressed ore per ton had to be in last ten years two times greater. Today you need 120 tons of ore for one ton of copper and in 1956. you needed 60 tons.

The amount of copper spent in Yugoslavia in the pre-war period was small, but it has quickly grown after the war through the construction of the big dressing capacities, cable plants at Svetozarevo, and rolling mill at Sevojno. These capacities amount to 80.000 tons a year and so besides our present copper production of about 50.000 of tons, it is necessary to import it.

Having in mind the present stated known reserves of about 418 millions of tons of ore with about 0,82 per cent of Cu, the middle rate development programme of copper production is made and its realisation should by the end of 1972 double the present production of copper. The planned means which should be investigated in the

\* ) Dr ing. Milan Janković, profesor Tehnološkog fakulteta u Beogradu.

production of copper make the economies of such perspective production reasonable let alone even greater economies in the further dressing and the needs of copper only in our country.

Except copper in the ore there are also the other useful and rare metals such as gold, silver, selen, germanium, metals magnetite, molibden etc., which will be available together with the production of copper.

By the metallurgical dressing of copper a big quantity of sulphide gases  $\text{SO}_2$  is obtained which can be used for the production of  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , and that for the production of various phosphorous fertilizers in the plants Prahovo, which is a part of RTB Majdanpek—Bor.



## U prilog dinamizma u oblasti pripreme mineralnih sirovina

Prof. dr ing. Đura Lešić

Priprema mineralnih sirovina za dalju preradu, posmatrana sa praktične tačke gledišta, treba da zadovolji tri osnovna uslova: maksimalno moguće ekonomično iskorišćenje korisnih komponenata sadržanih u tretiranoj sirovini, maksimalno mogući kvalitet proizvoda i minimalne troškove tretiranja sirovine.

Za iznalaženje problema ili zadataka za primjenjeni naučno-istraživački rad treba poći od citiranih uslova. Činjenica je, da i u najsavremenijim postrojenjima sa najsavremenijom tehnologijom ti i takvi uslovi nisu dostigli željeni nivo. Podstrek za ovakva istraživanja može dati, pored ostalog, i proračun ekonomskog poboljšanja koje se može očekivati od usavršavanja procesa.

Sagledavajući našu privrednu sa osvrtom na oblast pripreme mineralnih sirovina lako ćemo zapaziti, da gotovo u svakom pojedincnom postojićem postrojenju postoje otvoreni problemi ovog vira i to kako u velikim tako i u manjim pogonima.

Naši veliki pogoni, kako oni za čišćenje i oplemenjivanje uglja, tako i oni za koncentraciju ruda obojenih metala, pravilno su zapazili velike koristi koje im može pružiti usavršavanje tehnoloških procesa prve prerade putem naučno-istraživačkih radova. Tačka preduzeća, među kojima su Rudarsko-topioničarski baze Bor i Rudnici i topionice olova i cinka — Trepča, izdvojila su potrebna novčana sredstva za pomenute studije.

Manja preduzeća ostala su, međutim, konzervativna, tako da njihovi tehnološki pro-

cesi u oblasti pripreme mineralnih sirovina stagniraju. Štaviše, ima i preduzeća koja, iako im je razrađena nova tehnologija, nisu u stanju da istu prihvate i primene u praksi. Po našoj skromnoj oceni, razlozi pomenute stagnacije leže u nedovoljnem angažovanju stručnog a naročito visoko stručnog kadra preduzeća, u nedovoljnem i neadekvatnom obrazloženju potrebe i korisnosti promene tehnologije na sastancima Radničkog saveta preduzeća. U manjim preduzećima, koja poseduju pogone za pripremu mineralnih sirovina, a naročito u području tretiranja nemetalika, situacija je vrlo loša u odnosu na usavršavanje tehnologije. Često je razlog tome taj, što takva preduzeća ne raspolažu potrebnim visoko kvalifikovanim iskusnim stručnjacima iz oblasti pripreme mineralnih sirovina, već takve probleme rešavaju nestrucnjaci koji se zadovoljavaju stagnacijom i obima i načina prve prerade raspoložive mineralne sirovine.

Smatramo da prvi korak izlaza iz stagnacije tehnologije prve prerade ruda treba da bude obraćanje naučno-istraživačkim institutima sa zahtevom u vidu ugovora za »analizu postojićeg stanja tehnološkog procesa u postojićem pogonu i predloge za usavršavanje takvog procesa sa grubim predračunom uvođenja poboljšanog procesa i poboljšanja ekonomike u samom pogonu«.

Činjenica je da su naši pogoni za pripremu mineralnih sirovina u većini slučajeva izgrađeni u posleratnom periodu u proteklih 20 godina.

Ali je takođe i poznata činjenica, da se u našem veku naučna misao i naučna saznanja, tehnika i tehnologija razvijaju ubrzano, u odnosu na ranije periode, tako da i mnoga postrojenja i tehnologije prve prerade rude postaju zastarela. Iz toga razloga nalaže se kao imperativ savremenog progresa u industriji, da se posle izvesnih vremenskih perioda temeljno revidiraju stanja u pogonima PMS i da se pristupi reorganizaciji poslovanja i usavršavanju tehnoloških postupaka, po potrebi i potpunoj rekonstrukciji pogona.

Poznata je činjenica u celom svetu, da dinamični energični rukovodioci pogona postaju posle 10 ili više godina postepeno konzervativni, pa se zato preporučuje smena takvih rukovodilaca, postavljanjem na više položaje i dovođenje novih snaga na njihova mesta. To je jedan od prirodnih zakona. Međutim, uzimajući iskusnog savetnika ili

obraćajući se za pomoć odgovarajućim naučno-istraživačkim institucijama i dugogodišnji rukovodioci mogu svom dinamizmu produžiti vek i izbeći fazu konzervativizma.

Naša mlada i dinamična privreda zahteva da se razvija i usavršava, jer ne želi da je vreme pregazi ili da stagnira u današnjem svetu koji je u dobu svog specifičnog razvoja. Moje bi želje bile ispunjene kad bi se ovaj članak primio kao podstrek za dinamičniji razvoj u oblasti pripreme mineralnih sirovina. U našoj zemlji postoji nekoliko instituta sa vrlo iskusnim naučno-istraživačkim kadrom, od kojih je većina provela više godina u pogonima za pripremu mineralnih sirovina. Korišćenjem ovih kadrova neosporno ćemo održati naše pogone u dinamičnom razvoju i time doprineti daljem razvoju naše privrede. Ali bitno je preći sa reči na delo.



## Kongresi i stručna putovanja

### Mehanika tla u rudarstvu — savetovanje u Klaustalu, 1965. god.

Pod ovim naslovom održano je u junu 1965. g. savetovanje u Institutu za rudarstvo Rudarske akademije u Klaustalu, Zapadna Nemačka, kojem je prisustvovalo 200 inženjera geologa i građevinara i održano 13 vrlo uspehlih referata iz oblasti proučavanja i primene mehanike tla u rudarstvu. Za nas je od posebne važnosti uvodni referat prof. dr ing. H. Wöhlibera »Mehanika tla u rudarstvu«, zbog svestranog tretiranja uloge i značaja mehanike tla u rudarstvu, te ćemo se na ovom referatu naročito zadržati.

U rudarstvu se korisne mineralne sirovine i stene, koje se nalaze u ležištu, planski istražuju, otkopavaju i pripremaju za korisnu sirovinu. Otvaranjem otkopavanjem dolazi do stvaranja šupljina ili otvorenih površina u ili na brdskom masivu. Pri tome, rudar mora rešiti sve probleme tako, da se slobodni prostori u steni ili otvorene površine na njoj održe u stabilnosti za celo vreme eksploracije. Zadatak rudarske mehanike stena je da utvrđuje i analizira deformacije stena izazvane promenama naponskog stanja u brdskom masivu i preduzima odgovarajuće mere za izradu otvorenih jamskih prostora, kosina etaža površinskih otkopa i odlagališta, zatim plansko zarušavanje i po potrebi veštačke promene osobina stena odnosno brdskog masiva.

Objavljinjem Terzaghi-eve knjige »Mehanika tla na bazi fizičkih osobina tla« pre četrdeset godina, položen je kamen temeljac modernoj mehanici tla. Nagli razvoj i usavršavanje ove teorijske i eksperimentalne nauke i njena široka primena u građevinarstvu jedva je zainteresovala rudarstvo posle 10 godina, iako je postojao veliki broj teških problema iz različitih oblasti njenog domena. Ustvučavanje rudara da koriste mehaniku tla za rešavanje rudarskih problema u širokim granicama bilo je iz dva sledeća razloga:

— Rudarski inženjer se sa nepoverenjem suprotstavio teorijskoj mehanici tla u pogledu idealizovanja prirodnog tla radi matematičkog postavljanja inženjerskog problema. Rudari su se možda sa pravom tada radije držali stečenih iskustava u rudarstvu kroz empirička posmatranja, kao pravilnih i sigurnih za rešavanje praktičnih problema iz mehanike tla, nego da ih rešavaju uz pomoć nedovoljno proverenih teorijskih podloga.

— Pored toga postoje i specifični problemi rudarske mehanike stena, kao što su kinetičke pojave jamskog pritiska usled suprotnog dejstva jamskih prostorija. Kod pretpostavke o verovatnim dejstvima ovakvih kinetičkih uslo-

va stena, rudari se u prvom redu oslanjaju na stečena iskustva.

Uprkos tome, za proteklih 20 godina, mehanika tla, koja je doživela vrlo veliki razvoj u građevinarstvu, našla je široku primenu i u rudarstvu. Time je mehanika tla dalje obogaćena, jer se broj problema koji se pomoću nje rešava u rudarstvu povećao, što se može smatrati samo napretkom.

Predmet geomehaničkog proučavanja su meke stene svih vrsta. Pri tome dolaze u obzir kako prirodno istaložene meke stene, kao što su pesak, glina ili lignit, tako i veštački nasipi odnosno meke stene, koje su otkopane iz jednog mesta i prebačene na drugo. Celokupna oblast mehanike tla može se podeliti u tri glavna područja: eksperimentalna, teorijska i primenjena mehanika tla.

Eksperimentalna mehanika tla obuhvata identifikaciju i klasifikaciju mekih stena, ispitivanje njihovih fizičkih osobina, opis i izražavanje brojčanim vrednostima, pomoću kojih se dobijaju fizičke karakteristike tla. Pri tome se područje rada eksperimentalne mehanike tla proteže od laboratorijskog ispitivanja mekih stena sve do ispitivanja na modelima.

Teorijska mehanika tla tretira probleme koji su matematički formulisani. Međutim, zbog raznovrsnosti mekih stena sa različitim osobinama i ponašanjem, prema Terzaghi-u, kao osnovu proučavanja teorijske mehanike tla treba definisati jedan materijal koji sa mekim stenama ima samo one zajedničke osobine od bitnog uticaja na rezultate.

Primenjena mehanika tla koristi rezultate dobijene pomoću eksperimentalne i teorijske mehanike tla zajedno sa stečenim praktičnim iskustvima, za rešavanje problema u najrazličitijim oblastima prirodnih nauka, a pre svega u primjenjenoj nauci.

Na šemici dat je prikaz odnosa mehanike tla prema oblastima prirodnih nauka i tehničke sa kojima ona ima dodirnih tačaka, od kojih dobija zadatke, ili sa čijim osnovama i metodama rada se mehanika tla služi.

#### ŠEMA 1. Odnos mehanike tla prema prirodnim i primenjenim naukama

| Prirodne nauke | Primjenjene nauke   |
|----------------|---|
| Matematika     | Teorijska mehanika tla, eksperimentalna mehanika tla, primenjena mehanika tla |
| Fizika         | Rudarstvo   |
| Geofizika      | Transport   |
| Geologija      | Procesna tehnika  |
| Mineralogija   |   |
| Hemija         |   |

Zadaci koje postavlja primjenjena nauka formulišu se u teorijskoj mehanici tla uz pomoć matematike i fizike, a ukoliko je moguće i rešavaju. Opis mekih stena i ispitivanje njihovih fizičkih osobina vrši se uglavnom na bazi saznanja i metoda rada prirodnih nauka.

Međutim, mehanika tla je deo primenjene nauke kada se radi o primeni njenih teorijskih i praktičnih rezultata za rešavanje problema rудarstva, građevinarstva, tehničke transporta ili procesne tehnike. Treba ukazati na još jednu važnu činjenicu. Dok se mehanika tla u prvom stadijumu razvoja ka samostalnoj nauci prvenstveno služila saznanjima i metodama prirodnih nauka, danas se već može konstatovati izvestan uticaj samostalnih rezultata geomehaničkog proučavanja na pojedine oblasti prirodnih nauka. Dovoljno je ukazati samo na nesumnjivo dragocene rezultate ispitivanja mehanike glina za mineralogiju i koloidnu hemiju ili na modelska ispitivanja mehanike tla za eksperimentalnu tektoniku.

Može se, dakle, reći, da se u primenjenoj nauci koja obrađuje meke stene pojavljuju problemi čija obrada spada u domen mehanike tla. Pri određivanju odgovarajućih karakteristika mekih stena i pri formirajući tehničkih problema koji se javljaju pri radu sa mekim stenama, mehanika tla pretežno koristi saznanja i radne metode prirodnih nauka.

Pri analizi glavnih problema mehanike tla može se videti veći broj pojedinačnih pitanja u određenom krugu problema, koji međusobno stoje u višestrukoj zavisnosti. Osim toga, potrebno je ukazati na najvažnije zadatke mehanike tla u rудarstvu u okviru ovih glavnih problema.

Prvi deo glavnih problema, koji istovremeno predstavlja polaznu tačku najvećeg broja ispitivanja, obuhvataju karakteristike mekih stena i određivanje njihovih fizičkih osobina. Kada se meke stene definisu kao tla trofaznog sistema, sa fazama čvrste, tečne i gasovite materije, onda se podrazumeva, da se pored opisa integralnih osobina ovog trofaznog sistema moraju odrediti bliži pokazatelji, s obzirom na komponente čvrste, tečne i gasovite faze. Ovakvi pokazatelji treba da omoguće određivanje osobina mekih stena radi poređenja i slobodno od svakog subjektivnog uticaja.

Uzimanje uzorka, geološka identifikacija i opis tla koje se ispituje, takođe spadaju u ovaj glavni deo problema. Bez preterivanja može se reći, da su tehniku ispitivanja i standardizacija metoda ispitivanja u laboratoriji za mehaniku tla danas jako napredovale, tako da se ispitivanje uzoraka mekih stena u laboratorijama može smatrati relativno sigurnim. Nažalost, to se ne može reći i za ispitivanja na terenu, in situ. Međutim, rудarstvo upravo zahteva takve metode ispitivanja, koje na ekonomičan način omogućuju sigurno i brzo određivanje karakteristika mekih stena i njihovih fizičkih osobina. Zato je potrebno da ovaj važan zadatak reše u saradnji rudarski inženjeri, geolozi i geofizičari. Iako se karakteristike mekih stena mogu odrediti bez unapred određene njihove primene, geomehanička ispitivanja nalaze svoje rezultate i odgovarajuće metode rada tek uz primenu određenog inženjerskog zadatka.

Dруги део главних задатака обухватају mnogobrojni проблеми napona i deformacija mekih stena. Iako se meke stene ne ponašaju elastično, u teorijskoj mehanici tla meku stenu

zamišljamo kao idealno elastično telo, da bi probleme napona i deformacije mogli izraziti matematičkim obrascima i doći do jasnog rezultata. Pri tome se zna, da se u većem broju slučajeva sa primenom teorije elastičnosti u račun unose mnoge nesigurnosti. Osnovni uslovi za primenu teorije elastičnosti i to važnost zakona superpozicije, linearna zavisnost deformacija-naponi i uslov da se nijedna čestica meke stene ne nalazi u stanju loma ili tečenja, teško su ostvarljivi. Osim toga, treba uzeti u obzir da uslojena meka stena i često tektonski poremećena, ne predstavlja kontinualnu tvoreninu, a nije ni homogena, tako da ne predstavlja medijum u smislu kontinualne mehanike. Na kraju treba dodati, da deformacije mekih stena zavise od vremena, a mnogobrojne pojave s tim u vezi pokazuju reološki karakter. U saznanju ovih činjenica neki istraživači predložili su mehaničke modele, koji su se više približili stvarnom ili verovatnom ponašanju deformacija i napona mekih stena nego modeli idealno elastičnog tela, ali dosadašnja iskustva nisu još tolika, da se oni mogu generalno primeniti ili praktično koristiti.

U rудarstvu veliku ulogu ima raspodela napona a naročito deformacija oko jamskih prostora u mekim stenama. Analiza odnosa deformacija-naponi oko jamskih prostora, koja se dobija na osnovu merenja jamskog pritiska, osnova je za pravilno dimenzionisanje i predviđanje pokreta stenskih masa. Istraživanja u pogledu sleganja i efikasnosti zasipa spadaju takođe u ovaj deo problema, kao i deformacije površine terena usled podzemnog otkopavanja.

Za geomehaničare na površinskim otkopima pojavljuju se u sličnom obliku mnogobrojni problemi, kao što su sleganje tla usled spuštanja nivoa podzemne vode, studija odnosa deformacije i napona ispod mehanizacije na površinskim otkopima i ispod pragova, klizanje terena pri odlaganju jalovine na površinskim otkopima i istraživanja rekultiviranih odlagališta u pogledu pogodnosti za građenje. Takođe su interesantna pitanja odnosa pritiska u bunkerima i silosima u okviru transportne tehnike.

Mnogobrojni problemi deformacija i napona u građevinarstvu bili su polazna tačka u teorijskim osnovama i preneti iskustvima za proučavanje sličnih ili identičnih problema mehanike tla u rudarstvu. Pri tome treba se podsetiti na problem sleganja građevina kod određenog oblika temelja i izrade temelja sa kojima se bavi građevinski inženjer i s tim u vezi i na raspodelu pritiska ispod građevina u mekim stenama.

Treći deo glavnih problema je čvrstoća tla. Po Kézdi-u, problem čvrstoće tla je bliže ispitivanje graničnog stanja, pri kome se deformacije meke stene naglo povećavaju ili se pojavljuje lom tla kao nestabilno stanje. Ispitivanjem određuju se čvrstoća smicanja, kohezija i ugao unutrašnjeg trenja mekih stena, a u zavisnosti od različitih faktora kao što su opterećenje, sadržina vode i način odvodnjenja. Iako se tehnikom ispitivanja, koja se stalno poboljšava, pokušalo da se opterećenjem i rasterećenjem mekih stena dobiju analogni

uslovi smicanja kao i u praktičnom slučaju, dosada se nije više postiglo osim ograničenog pojma zakona modelske sličnosti, koji se kod primene parametara čvrstoće smicanja dobijenih laboratorijskim ispitivanjem, uzimaju u obzir kod problema konsolidacije u primjenjenoj mehanici tla.

Možda je najvažniji zadatak koji se postavlja geomehaničaru na površinskom otkopu stabilno dimenzionisanje kosina u samoniklom tlu odnosno nasutoj jalovini. S tim u vezi, u izvesnoj meri kao opit u velikoj razmeri imamo u prirodi klizišta na površinskim otkopima. Utvrđivanje uzroka klizanja kao i određivanje mera za njihovo sprečavanje, a u određenim slučajevima i njihovo uklanjanje, interesuju isto toliko pogonskog inženjera koliko i geomehaničara. U tehniči dobijanja interesuje nas određivanje sile rezanja za bagere i pomoćnu mehanizaciju, kao i problemi mehanike tla koji su vezani sa hidromehaničkim dobijanjem. U jamskoj eksploataciji takođe se susrećemo sa geomehaničkim problemima čvrstoće mekih stena kod plastičnih deformacija oko jamskih prostorija. Specijalni problemi nastaju kod otkopavanja sa zarušavanjem, kao što je na primer kod zarušavanja otkopa u blokovima pri istovremenom rešavanju problema dirigovanog uticaja ponašanja tečenja kod mekih stena. Ovakvi problemi naročito se javljaju u tehniči transporta pri bunkerisanju sipkih masa.

Pod hidrauličkim problemima podrazumevaju se svi uticaji vode u mekanim stenama na njihovo stanje kao i međusobno dejstvo vode i meke stene. Posebno se moraju uzeti u obzir hidrostatički uticaj i kretanje vode u tlu, kao i dejstvo kapilarnih sila. U teorijskoj mehanici tla se u matematičkom tretiranju problema strujanja, kao na primer kod spuštanja nivoa podzemne vode, zatim pri proučavanju dejstva strujnih pritisaka ili u teoriji konsolidacije, otvorilo široko i zahvalno područje. Ipak se i u ovoj oblasti mora konstatovati, da se rezultati često vrlo dubokih teorijskih istraživanja mogu jako razlikovati od praktičnih iskustava sa hidrauličkim problemima. Kao primer na većemo samo kompleksna pitanja kod određivanja anizotropnog stenskog masiva, naročito kod međusobnog dejstva više sistema odvodnjavanja, ili pak teškoće pri proračunu sleganja usled odvodnjavanja sistema nekog stenskog masiva sastavljenog od slojeva gline i peska. U hidrauličke probleme spadaju takođe sve češće pojave klizanja u obliku tečenja u površinskim otkopima. Međutim, i problemi hidrauličkog dobijanja i transporta su takođe vezani sa geomehaničkim proučavanjem.

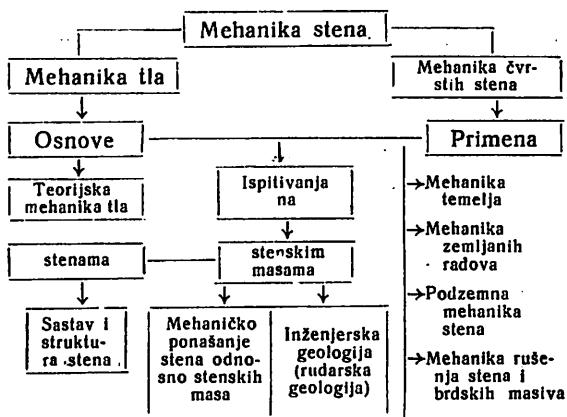
Poslednja oblast problema mehanike tla u rudarstvu je poboljšanje mekih stena. U zavisnosti od toga da li postoji potreba za promenu sastava meke stene, čvrstoće ili propusljivosti, govorimo o homogenizaciji, nabijanju, stabilizaciji, očvršćavanju ili izolaciji. Problemi koji se pojavljuju u praksi su mnogo brojni i prema svrsi mogu biti vrlo različiti. U površinskom otkopu može se pri tome tretirati homogenizacija odlagališta (mešanje jalovine različitog sastava iz otkrivke), veštačko

nabijanje nasutih mekih stena ili očvršćavanje masa sklonih klizanju. Kod jamske eksploatacije se pri dubljenju okna cementacijom, injektiranjem hemikalija ili metodom smrzavanja, povremeno ili trajno menjaju osobine mekih stena. Mešanje materijala u bunkerima i silosima vrši se po specijalnim postupcima tehnike transporta, gde takođe dolaze u obzir geomehanička proučavanja.

U dosadašnjim izlaganjima predstavljeni su u vrlo konciznom i preglednom obliku glavni problemi i specijalni zadaci mehanike tla u rudarstvu. Između pojedinačnih problema unutar različitih grupa postoje različiti odnosi i zavisnost. To otežava stvaranje pregledne i opšte priznate šeme klasifikacije, kao i metodično istraživanje pojedinačnih pojava i problema mehanike tla. Za značaj rudarstva potrebno je da se kompleksni problemi mehanike tla u uslovima prirode, a prvenstveno pod uticajem geoloških faktora, intenzivnije istražuju nego dosad.

Na kraju dat je u kratkim crtama odnos između mehanike tla i mehanike stena. Pri detaljnoj studiji različitih shvatanja o područjima zadataka i odnosa između mehanike tla i mehanike stena dolazi se do mišljenja, da se u većini slučajeva sreću nategnuta i često rđava upoređenja. Razmatranja o gradi i sadržini mehanike stena pokušaćemo da razjasnimo u šemi 2:

## ŠEMA 2



Prema tome da li se radi o mekim ili čvrstim stenama, odnosno da li su u pitanju meke ili čvrste stenske mase, može se govoriti o diferenciranju mehanike stena na mehaniku tla i mehaniku čvrstih stena. Istražni radovi u mehanici stena služe ili kao osnove u istraživanju ili pak u primeni radi rešavanja inženjerskih problema. Kod osnova razlikujemo teorijsku mehaniku stena, koja se pretežno bavi modelskim ispitivanjem mehaničkog ponašanja mekih i čvrstih stena i ponašanjem brdskih masiva, kao i teorijskim osnovama primenjenih problema. Takva ispitivanja odnose se na brdsku masu ili jedan njen deo, na primer na

uzorak stene. Za opis stanja i karakteristika brdskog masiva potrebno je sprovedi inženjerska i specijalna rudarsko-geoška ispitivanja. Opis i karakteristike mehaničkog stanja stene i brdskog masiva slede na osnovu laboratorijskih i terenskih opita. Za analizu stene u pogledu sastava i strukture stene neophodna su laboratorijska ispitivanja. Naravno u zavisnosti od toga da li se ispituje meka ili čvrsta stena, dobijaju se različiti rezultati. Međutim u osnovi se odgovarajući radovi mogu prilagoditi mehanički stena prema dатoj šemi.

Na sličan način može se izvršiti i podela u primjenjenoj mehanički stena. Veci broj praktičnih problema može se, uglavnom, uvrstiti u jednu od četiri navedenih grupa. Pri tome je potrebno, da se u pojedinim slučajevima izabrani nazivi promene ili novi dodaju, što međutim neće menjati suština principa ove podele. Mehanika temelja se u prvom redu bavi mehaničkim promenama građevina i stenske mase blizu površine terena. Mehanika zemljanih radova treba da obuhvati sve probleme mehaničkih stenskih masa koji se javljaju na površinskim otkopima i kod izvođenja zemljanih radova uopšte. Prema tome, ona obuhvata stenski masiv kao građevinski materijal i tretira takođe mehaničko stanje površinske stenske mase kroz promenu oblika i stabilnosti. Osim toga, podzemna mehanika stena bavi se proučavanjem mehaničkih pojava koje nastaju usled izrade jamskih prostorija kao i tehničkim meraima koje se preduzimaju u jami radi osiguranja stabilnosti protiv rušenja. Kao poslednje područje primene mehanike stena je mehanika razaranja stena, u kome se može obuhvatiti bušenje, miniranje i drobljenje stena u brdskoj masi.

Kritički posmatrač gornje šeme može privoriti da ovaj pokušaj raščlanjivanja mehaničke stene na mehaniku mekih i čvrstih stena ne može obuhvatiti sve zadatke i probleme koji se pojavljuju ili koji se mogu zamisliti. Međutim, ovde je bila namera da se ukaže na vezu između mehanike tla i mehanike stena. Poznato je, da se baš u području mehanike tla pojavljuje izvestan broj problema koji su bliži mehanički zrnastih agregata nego mehanički čvrstih stena, a koji se razlikuju od drugih oblasti primenjene mehanike stena po tome, što se moraju baviti velikim brojem prirodnih uticaja koji se zasada ne mogu računski obuhvatiti.

Posle ovog vrlo značajnog referata o odnosima mehanike tla i rudarstva održao je referat prof. dr ing. H. M a t s c h a k iz Frajberga »Mehanika tla u rudarstvu u pogonu i u istraživačkim radovima«. Geomehanički problemi u eksploataciji lignita površinskim otkopavanjem određeni su, uglavnom, geološkim uslovima, fizičko-mehaničkim osobinama tla i tehničkim procesom eksploatacije. Pritisak porne vode kao funkcija odlaganja raste sa visinom odlagališta i izvršena ispitivanja su pokazala, da za visinu odlagališta do 22 m pritisak porne vode raste do  $0,55 \text{ kg/cm}^2$ . Isto tako sa povećanjem visine odlagališta raste i stepen segregacije jalovine pri odlaganju, tj. izdvajanje krupnijih sastojaka je veće. Sa povećanjem ude-

la glinovitih sastojaka u jalovini koja se odlaže pogoršavaju se uslovi stabilnosti odlagališta i nagib kosine mora se smanjiti. Opiti nabijanja odložene jalovine sa glinovitim sastojcima pomoći vibracionih valjaka dali su vrlo dobre rezultate i to sa relativno malim brojem prelaza valjka, od dva do osam.

Dr ing. E. D e r m i e t z e l iz Kelna održao je referat »Problemi vremenske postojanosti i stabilnosti kosina u površinskim otkopima«, u kome je tretirao ekonomski značaj optimalnog nagiba kosina etaže i vremensku postojanost kao kriterijum za stabilnost kosina površinskih otkopa. Merenjem na odlagalištu jalovine sa glinovitim sastojcima utvrđeno je, da postoje dve vrste deformacija i to sleganje nožice i izdizanje vrha etaže. Sleganje nožice nastaje usled opterećenja odložene jalovine, a izdizanje vrha etaže nastaje usled bubrenja glinovitog materijala. Međutim, dok sleganje nožice nastaje odmah iza izrade odlagališta, dotele izdizanje ne nastaje odmah, već izvesno vreme posle izrade etaže.

Dipl. ing. Ch. H e r b s t iz Klaustala tretirao je različite metode ispitivanja stabilnosti kosina rastresitih masa i utvrdio, da će po pojedinim metodama, kao što je F i s s e n k-o-v-a, doći do klizanja, a da po drugim, kao što je F e l l e n i u s-o-v-a neće. Međutim, u jednom drugom slučaju po F e l l e n i u s-o-v-oj metodi dolazi do klizanja, dok po metodi J a n b u-a neće doći. Daljim analizama dobio je, da je metoda J a n b u-a tačnija od B i s h o p-o-v-e. Međutim, u svakom slučaju, da bi proračun stabilnosti kosina bio tačan, treba da usvojene pretpostavke u pojedinim metodama odgovaraju stvarnosti.

Dipl. ing. K. N e u m a n n iz Kelna održao je referat »Brdska mehanika u površinskom otkopu lignita. Primeri primene u praksi«. Referat dokazuje, da je samo pomoći teorije vezane sa praksom moguće analizirati kompleksne pojave brdske mehanike u eksploataciji lignita površinskim otkopom. Kao dokaz navodi 4 primera iz prakse o uticaju prenapregnute vode u porama na stabilnost kosina.

Dr ing. M a d a n M o h a n P a t t a n y a k iz Kelna održao je referat »Promene osobina nevezanog tla u zonama pod uticajem raseda. Opis dat na osnovu jedne studije u rajnskom basenu lignita«. U rajnskom lignitskom području pojavljuju se mnogi tektonski rasedi, koji prouzrokuju nepravilne naslage uglja. Oni utiču na izvođenje eksploatacije i na stabilnost kosina. Ispitivane su promene mehaničkih karakteristika nevezanog tla u zonama uticaja raseda. Rasprostiranje ove zone zavisi od dubine.

Dr ing. F. M o h r iz Bremke održao je referat »Sistem podgrade u oknu kod otkopavanja zaštitnih stubova«. Pri otkopu zaštitnih stubova pojavljuju se ne samo radikalni naponi već takođe i osovinski naponi. Kod slojevitog tla sa vrlo različitim mehaničkim karakteristikama, glavne deformacije skupljanja nastaju usled uklanjanja spremenosti bočnog širenja i puzenja. U cilju sprečavanja štete u podgradi, treba uskladiti sistem podgrada-ste-

na. U referatu su ukazane mogućnosti da se to postigne.

Dr ing. H. Bartholomai iz Borkena održao je referat »Korelacija između nevezanih stena i podgradivanja u hodnicima i otkopnim prostorijama«. Ponašanje slojeva nevezane stene prema rudničkim šupljinama je nepovoljnije nego slojeva uglja u rudnicima kamenog uglja. Poznavanje i primena geomehaničkih karakteristika mogu dovesti do povoljnih tehničkih i ekonomskih rezultata, kada se predviđanja o brdskim pokretima i deformacijama približuju stvarnosti. Potrebno je tačno proučiti međusobne uticaje između stene i podgrade. U referatu se daju veličine uticajnih faktora na izbijanje hodnika i eksploraciju, kao i saveti za praktično izvođenje radova.

Pored toga održani su još sledeći referati:

— dipl. geol. K. Meyer iz Berlina »O dašnjem stanju razvoja opreme i metoda za sondažna istražna bušenja terena«

— dipl. ing. D. Henning iz Klaustala »Mogućnosti i granice primene električnog i termičkog očvršćavanja tla«

— dipl. ing. K. Baston iz Klaustala »O optimu injektiranja cementom«

— dr ing. O. Jakobi iz Esena »Krovina otoka širokog čela pri potpunom zasipu i otkopu sa zarušavanjem«

— dipl. ing. D. Meister iz Klaustala »Naponsko stanje pri deformacijama nekoherentnog tla«.

Prvih 9 referata štampani su u časopisu »Bergbauwissenschaften«, Goslar, sveske 15/16, 19/20 i 23/24 od 1965. g., dok će ostali referati biti objavljeni u prvim sveskama istog časopisa u ovoj godini.

S obzirom na doprinos ovih referata za rešavanje problema u rudarstvu na bazi geomehaničkih proučavanja, smatrali smo za potrebno da ukažemo pažnju na njih. Svakako bi bilo vrlo korisno za širi krug naših stručnjaka, prvenstveno onih koji rade na površinskim otkopima, da se ovi referati prevedu i objave.

Prof. ing. N. Najdanović

### Zasedanje grupe eksperata za produktivnost Komiteta za ugalj EEC, Ženeva, 1966.

Grupa eksperata zasedala je od 28. III do 31. III o.g. Na dnevnom redu bila je diskusija po sledećim temama:

- koncentracija radnog vremena
- povećanje produktivnosti rada u podzemnom transportu
- otkopavanje tankih i debelih slojeva.

Predstavnik Velike Britanije Mr. H. R. King podneo je zbirni referat po temi »Koncentracija radnog vremena«. U referatu je dat kratak izvod iz izveštaja 14 zemalja, a detaljno je obrađeno:

— pitanje koncentracije rada u toku jedne smene i to s obzirom na rad ljudi i rad mašina. Dalje je prikazano raspoloživo radno vreme, analizirani su nastupajući zastoji, efikasnost primenjivane opreme, efikasnost pojedinih radnih operacija i problemi koncentracije rada i sl.

— problem koncentracije rada u toku dana analizira se s obzirom na mogućnosti takve organizacije rada, da se postigne maksimalna koncentracija.

Problem koncentracije rada u toku godine razmotren je sa ciljem na koji način povišiti broj radnih dana u toku godine. To je najvažniji problem pošto su investicije u opreme visoke, što povlači sa sobom visoku amortizaciju, anuitete i ostala davanja. U tom cilju je potrebno usmeriti istraživački rad.

Iz referata pojedinih zemalja se vidi, da sve zemlje imaju iste probleme, ali da se pravilnim rešenjem koncentracije radnog vremena tokom smene, dana i godine može postići veliki napredak u povećanju produktivnosti i ekonomike proizvodnje uglja.

Predstavnik SSSR Valentina Sisojeva podnela je referat po temi »Povećanje produktivnosti rada kod tehničkog napretka u podzemnom transportu na rudnicima uglja«. U zbirnom referatu su analizirani podaci iz izveštaja 12 zemalja, a obrađeni su:

- transport na otkopu
- transport u otkopnom polju.

Referati pokazuju da je na podzemnom transportu zaposleno oko 20% svih u jami zaposlenih radnika. U referatu su dati podaci o dosadašnjem napretku kao i trend razvoja opreme za podzemni transport.

Posle diskusije je bilo zaključeno, da studenti ovog problema treba nastaviti proučavanjem:

— zavisnosti strukture različitih transportnih sistema kod podzemnog transporta od strukture rudnika;

— osnovnih pokazatelja različitih vrsta podzemnog transporta;

— troškova različitih vrsta podzemnog transporta.

Dalje je tretiran problem »Zavisnost između koncentracije u vremenu, otkopavanja, rudarsko-geoloških uslova i načina otvaranja jame«. Taj problem su iznosili referati SSSR-a i Poljske. Iz toga sledi, da teorija i praksa do sada nisu dale metodu, koja bi sa sigurnošću odredila uticaj pomenutih faktora na otvaranje rudnika.

Navedeni referati ocenjeni su kao doprinos istraživanju tog problema i zaključeno je, da treba nastaviti sa započetim radom.

Referat »Metode otkopavanja tankih slojeva« je zbirni referat o tom problemu, koji je sastavila delegacija ČSSR-a, i koji je u fazi publikovanja. Diskusija po tom referatu je odložena za V zasedanje grupe eksperata.

»Metode otkopavanja debelih slojeva« je referat određen prvo bitno za diskusiju na IV zasedanju. Rumunski delegat je obavestio eksperete, da se diskusija po tom referatu na osnovu poziva vlade Rumunije odlaže i da će se održati simpozij o otkopavanju moćnih slojeva u Rumuniji.

Iz održanih referata se vidi velika razlika u primeni otkopnih metoda i uslova rada u pojedinim zemljama. Aplikacije pojedinih otkopnih metoda su veoma različite. Osnovni problemi otkopavanja su kod eksplotacije po padu sloja i u ukupnim metodama sa obrušavanjem s obzirom na otkopne gubitke. Postavlja se problem otkopnih metoda, koje omogućuju veliki kapacitet kod izvesnih otkopnih gubitaka i kod primene kompleksne mehanizacije.

Budući rad grupe eksperata bio je tretiran u toku samog zasedanja a na kraju je dat program za buduće zasedanje.

Dr ing. R. Ahčan

## *II poljsko-jugoslovenski rudarski simpozijum, Vroclav, 1966. god.*

II poljsko-jugoslovenski rudarski simpozijum održan je u Vroclavu od 24. do 26. marta 1966. a organizovali su ga Savez inženjera i tehničara rudarske struke PNR i Savez inženjera i tehničara rudarske, geološke i metalurške struke Jugoslavije.

U radu Simpozijuma učestvovalo je oko 120 jugoslovenskih inženjera, predstavnika rudnika, instituta, fakulteta, kao i veći broj predstavnika poljskog rudarstva, naučnih instituta, fakulteta i Ministarstva rudarstva i energetike.

U periodu od 24. III do 5. IV 1966. stručnjaci iz Jugoslavije obišli su niz rudarskih preduzeća.

Na ovom Simpozijumu je dato 29 referata koji se prema sadržaju mogu podeliti u tri grupe:

- eksplotacija hemijskih sirovina
- eksplotacija metala i nemetala
- površinsko otkopavanje.

Rad Simpozijuma se odvijao u tri sekcije prema tematici.

Sekcija za hemijske sirovine (nemetale) zasedala je u Vroclavu i podneti su sledeći referati:

— dipl. ing. Mate Matijević: »Metoda prerade bentonita sa posebnim osvrtom na aktivizaciju«

— mgr. ing. Antoni Litoński: »Eksplotacija ležišta soli suvim i mokrim metodama i njihova efikasnost«

— dipl. ing. Edward Zaleski, mgr. ing. Piotr Zurawski: »Industrijsko korišćenje vlastitih barita u Poljskoj«

— prof. ing. Dragiša Tomic: »Mogućnosti dobijanja sirovog fosfata u Jugoslaviji«

— dr Karol Machej: »Eksplotacija i oplemenjivanje vatrostalnih sirovina u Poljskoj«

Sekcija za rude gvožđa i obojenih metala zasedala je na rudniku »Konrad« u Boleslavcu i podneti su sledeći referati:

— dipl. ing. Rade Čolić: »Jamsko otkopavanje u rudniku Bore«

— mgr. ing. Franciszek Krok, ing. Romuald Korszynski, mgr. ing. Zenon Mendakiewicz: »Moderni sistemi eksplotacije olovo-cinkanih ruda u Olkusko-chrzanowskom basenu«

— dipl. ing. Stevan Kovačina: »Podzemna eksplotacija ruda olova i cinka u uslovima opasnosti od provale podzemne vode u rudniku »Trepča« — Stari Trg«

— mgr. ing. Jan Gabryś, mgr. ing. Stanisław Lempart: »Eksplotacija olovo-cinkanih ruda u zaštitnim stubovima«

— dipl. ing. Franc Mežnar, dipl. ing. Stanko Uran: »Geološke karakteristike, istražni radovi i odvodnjavanje rudnika »Mežica«

— dipl. ing. Antoni Nadolny: »Tehnologija obogaćivanja olovo-cinkanih i bakarnih ruda u Poljskoj«

— dipl. ing. Milorad Jošić: »Problem flotiranja sulfidno-oksidiranih ruda olova i cinka iz novootvorenih jugoslovenskih rudnih ležišta«

— dr. ing. Miroslaw Oktawiec: »Flotacioni reagensi kod pripreme ruda obojenih metala u Poljskoj«

— dipl. ing. Albin Koželj, dipl. geol. Ivan Mlakar: »Živa u Jugoslaviji«

— dipl. ing. Josef Szczerba, mgr. ing. Ryszard Awasewicz: »Eksplotacija rudnika bakra sa posebnim osvrtom na prođor vode«

— prof. ing. Rihard Marušić: »Rudarstvo boksita u Jugoslaviji«

— mgr. ing. Stanisław Telenga, mgr. ing. Stanisław Banasić: »Dostignuća u mehanizaciji otkopavanja ruda gvožđa u Poljskoj«

Sekcija za površinsko otkopavanje zasedala je u rudarsko-energetskom komбинatu »Turov« i podneti su sledeći referati:

— dipl. ing. Arsen Ristić: »Iskustva sa površinskog otkopa rudnika bakra »Majdanpek«

— dr. Stanisław Wisniewski: »Projektovanje modernih površinskih otkopa lignita u Poljskoj«

— mgr. ing. Zbigniew Kozowski: »Uticaj dubine zaledanja sloja na tehnologiju eksplotacije u površinskom otkopu«

— prof. ing. Ermin Teply: »Metode proračuna za određivanje dubinske granice između površinske i jamske eksplotacije«

— dr. Janusz Bieniewski: »Problemi hidrogeoloških prognoza odvodnjavanja slojeva u ležištima lignita u Poljskoj«

— dr Ludwik Kasza: »Problemi geoloških i inženjerskih prognoza u površinskim otkopima lignita«

— dipl. ing. Momčilo Kresojević, dipl. ek. Dušan Čudanov, dipl. ing. Ivan Ogorelec: »Prelazak na skraćeno radno vreme i neka iskustva u uslovima 42-časovne radne nedelje u Rudarskom basenu »Kolubara«

— dipl. ing. Golub Bojičić: »Prikaz sadašnjeg i perspektivnog razvoja površinskog otkopa u Kosovskom ugljenom basenu«

— mgr. ing. Jan Stowski: »Iskustva kod primene tračnih transportera u Rudarsko-energetskom kombinatu »Turów«

— mgr. ing. Jerzy Bednarczyk, mgr. ing. Jerzy Golaś: »Problemi automatizacije površinskih otkopa«

— dr. ing. Zbigniew Onderka: »Ispitivanje modernih metoda dobijanja tvrdih stena pomoći minskih bušotina u površinskim otkopima«

— mgr. ing. Jan Korzeniowski: »Ekonomski efekti modernizacije objekata za preradu kamena za gradnju puteva«

Plenarna zasedanja održana su u Vroclavu. Po završenom radu Simpozijuma organizovan je obilazak rudnika i instituta. Posećeni su: Sumporni kombinat u Tarnobrzeg-u, Rudnik soli (muzej) u Vielički, Rudarsko-metallurška akademija-Krakov, Glavni institut rudarstva-Katovice, Opitni rudnik »Barbara«-Mikolov, Centar za naobrazbu ZKMPW-Zabore, Centralna stanica za spasavanje-Bytom, rudnici kamenog uglja »Klimontow«, »Staszic«, »Bolslav«, »Vesolja« i »Dymitrov«, Kombinat olova i cinka Beli Orao u Slovenskim Brzezinama.

Dipl. ing. P. Milanović

*I međunarodni sajam rudarstva, opreme za rudarstvo i zaštitnih sredstava za rad u rudarstvu i pratne stručne manifestacije u okviru Proljetnog međunarodnog zagrebačkog velesajma 16—24. IV 1966.*

U okviru Proljetnog zagrebačkog velesajma od 16—24. IV 1966. g. održan je I međunarodni sajam rudarstva, opreme za rudarstvo i zaštitnih sredstava za rad u rudarstvu kao prva specijalizirana priredba ove vrste u našoj zemlji.

U jugoslovenskoj privredi rudarstvo kao i s njim povezana i srodnna područja zauzimaju vrlo važno mjesto, čiju važnost treba jednako naglasiti kako u pitanju podmirenja domaćih potreba tako i u pogledu izvoza brojnih proizvoda rudarstva. S druge strane može se konstatirati niz nerješenih pitanja i problema, kao što su nedovoljna tehnička opremljenost, savremena tehnološka rješenja i metoda rada, mnoga aktuelna i akutna pitanja iz područja sigurnosti i zaštite pri radu i drugo.

Ove činjenice rukovodile su zainteresirane privrednike i stručnjake, da se ovo važno područje privrede obuhvati i jednom specijaliziranom sajamskom priredbom, koja bi navedenu problematiku zahvatila kompleksnije nego što se je to do sada radilo prejedinačnim inače već tradicionalnim nastupima na Zagrebačkom velesajmu, a sa ciljem, da se — pored svog prvenstveno komercijalnog karaktera i stručne zamjene — javnosti ukaže na dostignuća i problematiku rudarstva i srodnih područja.

Organizaciju navedene velesajamske prirede sproveo je poseban odbor, u kojem su učestvovali predstavnici brojnih zainteresiranih institucija i organizacija, kao što su Zagrebački velesajam, Savezna privredna komora, Privredna komora Hrvatske, Zavod za zaštitu pri radu, fakulteti i naučne institucije, rudarske radne organizacije i njihova poslovna udruženja, Društvo inženjera i tehničara rudarske struke i drugi.

U okviru navedenog rudarskog sajma nastupilo je ukupno 28 domaćih i 27 inozemnih izlagača.

Od domaćih izlagača predstavljalo je njih 18 proizvođače rudarske opreme te zaštitnih i ostalih sredstava za rad u rudarstvu. Bilo je zastupljeno jedno specijalizirano poduzeće za izvođenje istražnih, hidroloških, hidrogeoloških i raznih sanacionih radova u rudarstvu, 1 poslovno udruženje sa studijsko-projektним i ostalim uslugama svog biroa koje obuhvata 18 rudarskih poduzeća, 2 rudnika uglja sa svojim istraživačkim centrima, 3 rudarska instituta sa svojom naučno-istraživačkom, projektnom i ostalom djelatnošću te 3 zastupnička odnosno trgovacka poduzeća.

27 inozemnih izlagača zastupali su jedanaest zemalja i to: Austriju, ČSSR, Englesku, Francusku, Istočnu Njemačku, Italiju, Poljsku, SSSR, Švedsku, Zapadnu Njemačku i USA. Izlagači su nastupali djelomično samostalno, djelomično preko svojih predstavničkih poduzeća, a neki od njih u okviru trgovackog poduzeća »Rudar« — Zagreb. Kod ocjene broja izlagača treba napomenuti, da su kroz neke od njih bile zastupane čitave grupacije proizvođača kao što je to npr. kod poljskih izlagača »Centrozap« iz Katovica te »Elektrin« iz Varšave, češkog »Strojeksperta« Praga i dr. Svi inozemni izlagači nastupili su na velesajmu sa rudarskom opremom te zaštitnim i ostalim sredstvima za rad u rudarstvu.

Izloženi eksponati po svojem mnoštvu, novitetima, te kompletnosti odnosno raznovrsnosti u pogledu područja primjene daju najviše osnova, da se čitava priredba može ocijeniti kao vrlo uspjela i sa kojom su u osnovi postignuti postavljeni ciljevi, dok sami eksponati zavrijedu poseban stručni osvrt. Ovdje se želi samo naglasiti da su kroz eksponate bile zastupane više manje sve faze tehnološkog procesa, ali da je karakteristiku čitavoj izložbi davana oprema za dobivanje i transport te opreme sigurnosti i zaštite pri radu. Kao ugodnu i pozitivnu pojavu treba istaći i relativno brojni nastup tehničko-razvojnih, projektnih i istraživačkih biroa te instituta. S druge strane vrlo

neznatno su bila zastupana sama rudarska proizvodnja i preradivačka poduzeća, kod čega se računalo svakako na domaće rudnike — izlagače.

U okviru ovogodišnjeg Prvog međunarodnog sajma rudarstva, opreme za rudarstvo te zaštitnih sredstava za rad u rudarstvu, Savez rudarskih, geoloških i metalurških inženjera i tehničara Hrvatske uz saradnju predstavnika organizacionog odbora samog sajma rudarstva organizirao je poseban stručni program, u okviru kojeg je u vremenu od 19—21. IV 1966. održano 12 stručnih referata te 15 stručno-tehničkih informacija.

Održani su slijedeći stručni referati:

- dr ing. M. Perišić: »Problemi razvoja tehnologije eksploatacije u rudarstvu«
- dipl. ing. B. Nikolić: »Koncepcije Osnovnog zakona o zaštiti na radu i Osnovnog zakona o rudarstvu«
- dipl. ing. J. Ivanetić: »Tendencije razvoja tehnike miniranja«
- dipl. ing. B. Švel, dipl. ing. Č. Plazeck i dipl. ing. G. Hubeny: »Odvodnjavanje lignitskih bazena sistemom dubokih bunara«
- dr ing. Z. Krulc i dipl. ing. Š. Slimak: »Udio primjenjene geofizike u rješavanju inženjerskih problema«
- dipl. ing. S. Vujeć: »Moderna oprema pri dobivanju boksita«
- dipl. ing. N. Marinović: »Automatizacija u rudnicima s naročitim osvrtom na zaštitne mјere«
- dipl. ing. V. Ledinski: »Savremena oprema pri fabrikaciji glinice«
- dipl. ing. Z. Blažević: »Savremena oprema pri fabrikaciji aluminiјa«
- dipl. ing. Z. Kirinić: »Novosti u opremi uređaja za preradu aluminiјa«
- dipl. ing. R. Sarnavka: »Dobivanje vode za pustinsku područja«
- dipl. ing. V. Pađen: »Uređaji za ventilaciju i klimatizaciju rudnika«

Svi navedeni referati biti će naknadno štampani kako za učesnike samih predavanja tako i za druge intereseante.

U dane održavanja navedenih referata podnijeli su predstavnici raznih domaćih i inozemnih firmi — izlagača ukupno 15 stručno-tehničkih informacija o svojim proizvodima, što je u svakom pogledu predstavljalo korisnu i interesantnu dopunu programa učesnicima ove stručne manifestacije.

Navedene referate i stručne informacije pratilo je oko 70 učesnika — inženjera i tehničara iz čitave zemlje. Najveći broj učesnika bio je sa rudnika uglja (28) i ostalih rudnika (17), a zastupani su bili i stručnjaci svih drugih zainteresiranih organizacija, kao što su udru-

ženja, fakulteti i ostale škole, instituti, fabrike rudarskih mašina i ostalih proizvoda za rudarstvo, komore, sekretarijat za industriju i drugi.

Dne 18. IV 1966. kao posebna stručno-pričvršćena manifestacija održana je u organizaciji lista »Privredni vjesnik« javna tribina o rudarstvu, kojom je rukovodio predsjednik organizacionog odbora I međunarodnog sajma rudarstva dipl. ing. F. Knežević, potpredsjednik Republičke privredne komore u Zagrebu. U diskusiji na tribini na kojoj je prisustvovalo oko 80 učesnika, uzeo je učešće i pomoćnik Savezne sekretara za industriju Vlado Jurčić.

U okviru stručnih manifestacija povodom I međunarodnog sajma rudarstva, opreme za rudarstvo i zaštitnih sredstava za rad u rudarstvu treba spomenuti još Savjetovanje o problemima zaštite na radu u rudarstvu održano u dane 22. i 23. IV 1966. jednim uvodnim referatom i 4 koreferata, a u organizaciji Centralnog odbora sindikata radnika industrije i rudarstva Jugoslavije te Republičkog odbora radnika industrije i rudarstva Hrvatske.

Uoči samog održavanja velesajma (13—16. IV 1966) održana je još jedna značajna stručna manifestacija u organizaciji Zavoda za zaštitu pri radu SRH i to:

— Seminar o normiranju zaštite na radu internim aktima rudarskih radnih organizacija, te

— Seminar o izradi plana odbrane i spašavanja u rudnicima i o organizaciji čete za spašavanje.

U cijelini uvez, I međunarodnom sajmu rudarstva, opreme za rudarstvo te zaštitnih sredstava za rad u rudarstvu kao i popratnim stručnim i privrednim manifestacijama može se dati, pokraj nekih nedostataka, koji obično prate sve takve manifestacije bez prethodne tradicije, potpuno pozitivna ocjena. Isto tako, treba pozdraviti prijedlog organizatora da se ovakve rudarske manifestacije i dalje održavaju i proširuju te postaju kroz redovito priređivanje svake druge godine u okviru Zagrebačkog proljetnog velesajma tradicionalne.

Dipl. ing. F. Sapac

### Obaveštenja

Rudarsko-energetsko-hemijski kombinat »Kosovo« održaće 22. septembra »Simpozijum o eksploataciji i preradi lignita basena Kosovo«. Na Simpozijumu će uzeti učešće, pored naših i inostrani delegati sa svojim referatima. Pozivaju se zainteresovani stručnjaci da prisustvuju ovom skupu.



## **Vi možete uštediti novac ne kupujući Gardner-Denver**

### **To je kratkevida politika**

Šta je nekoliko dolara više za bušaću opremu kad se uporede sa plaćanjem radnika, nezaposlenih za vreme popravke opreme. (Neki visoki rudarski rukovodioci smatraju neznatno višu cenu, kojom plaćaju opremu Gardner-Denver, oblikom osiguranja od loma.)

Ali ako bi dug vek bila jedina stvar što vredi kod Gardner-Denver-a onda on verovatno ne bi bio odabran od glavnih svetskih rudnika metala.

### **Koji su ostali razlozi**

**Efikasnost.** Kada se opremom Gardner-Denver otpočne sa dobijanjem mineralnih sirovina onda ona reguliše brzinu napredovanja.

**Servis.** Gardner-Denver obezbeđuje pouzdane rezerve za vašu opremu — delove i servisnu

službu. (Često vam neće biti potrebna poslednja dva servisa. Ali dobro je znati da ih ima tri.)

**Mi** ćemo čak obučiti vaše ljudе rukovanju opremom.

Na primer, sedam tipova našeg Rota Screw prenosnog vazdušnog kompresora od 125—1200 kubnih stopa za minut, ili Air Trac bušilica koja se kreće svuda gde i čovek. Dalje, Hi-Leed čelična svrdla najbolja i najčvršća na svetu, kao i Gardner-Denver Jumbos.

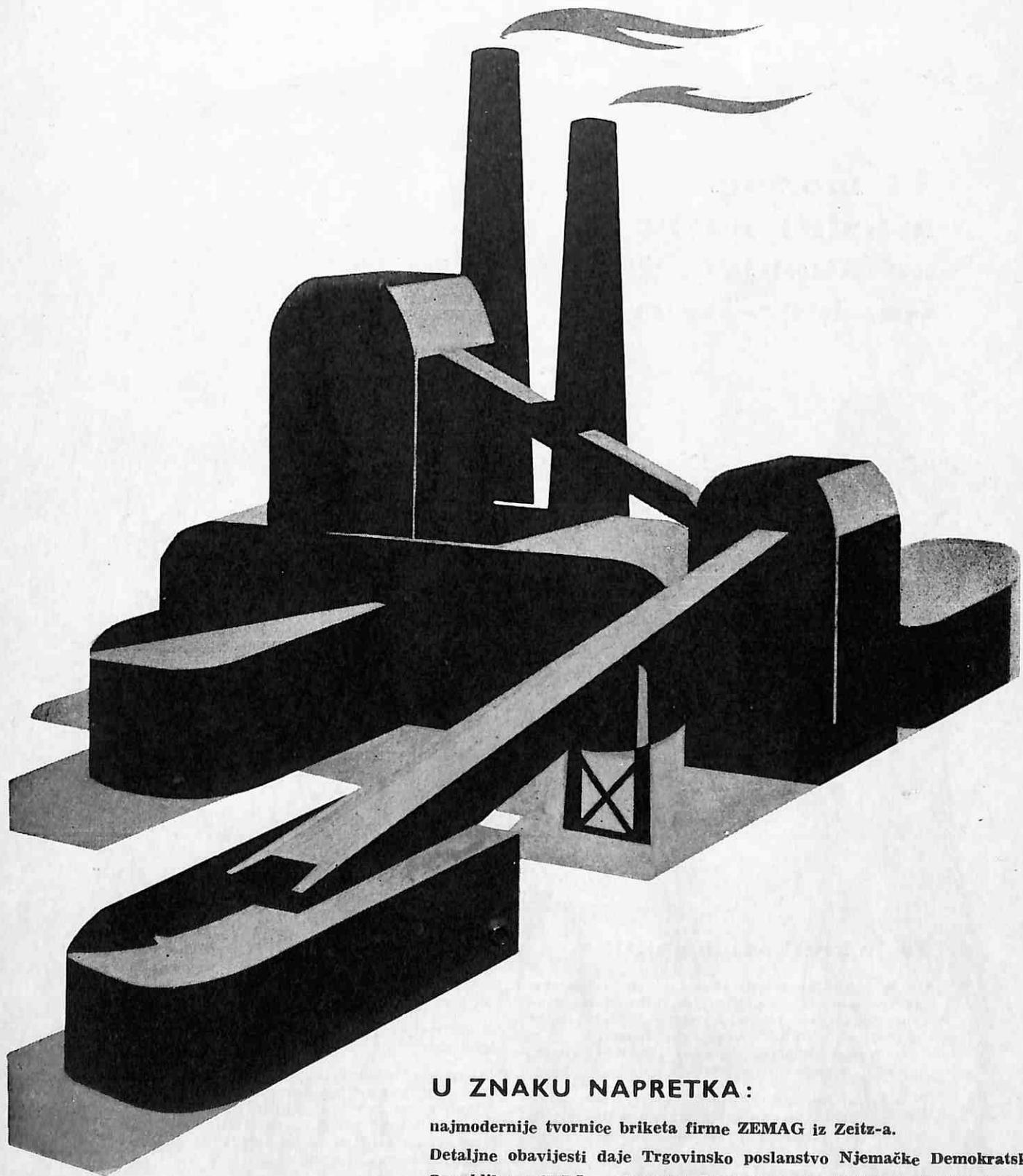
Specijalna izrada prema vašim zahtevima iz širokog raspona standardnih elemenata.

Postoje ljudi koji rado plaćaju više za Gardner-Denver opremu.

Oni bi hteli više.

**GARDNER-DENVER INTERNATIONAL**

Gardner Expressway, Quincy, Illinois, U. S. A.



## U ZNAKU NAPRETKA:

najmoderne tvornice briketa firme ZEMAG iz Zeitz-a.

Detaljne obavijesti daje Trgovinsko poslanstvo Njemačke Demokratske Republike u SFRJ — Beograd, Birčaninova 21, Telefoni: 29-558, 29-597.

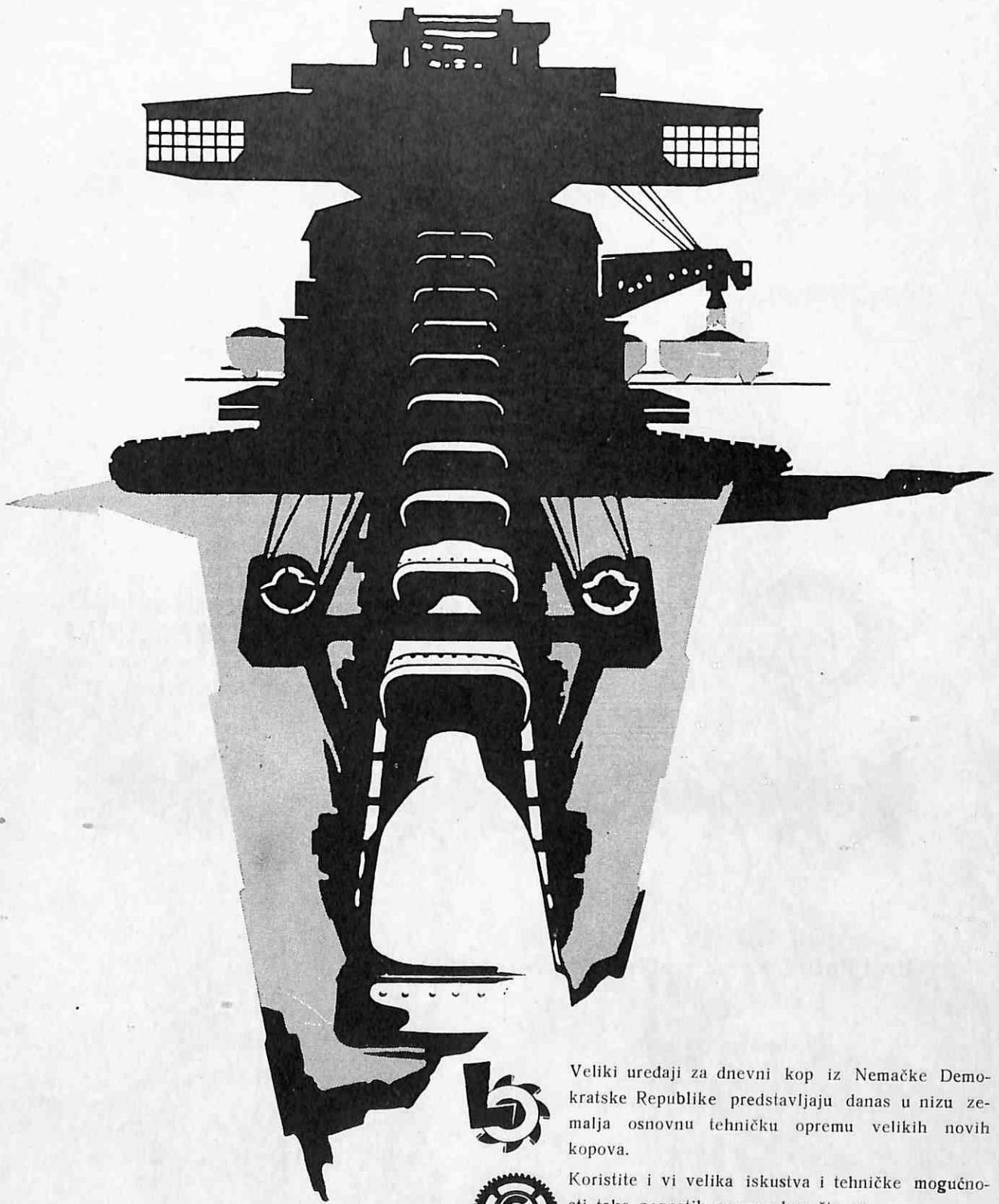
DEUTSCHER INNEN- UND AUSSENHANDEL



MASCHINEN-EXPORT

108 Berlin, Mohrenstrasse 61,

Njemačka Demokratska Republika.



Veliki uredaji za dnevni kop iz Nemačke Demokratske Republike predstavljaju danas u nizu zemalja osnovnu tehničku opremu velikih novih kopova.



**VEB** Schwermaschinenbau Lauchhammerwerk



**VEB** Schwermaschinenbau Georgij Dimitroff Magdeburg



**VEB** Förderanlagenbau Köthen

**Deutscher Innen- und Aussenhandel**

**MASCHINEN-EXPORT**

108 Berlin, Mohrenstrasse 61

Nemačka Demokratska Republika



## EMERGÉ - TRANSPORTNE TRAKE

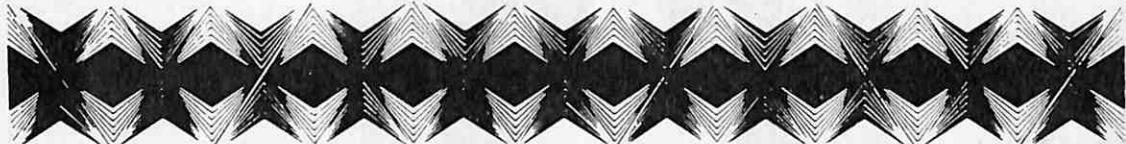
Izrađene s tekstilnim ulošcima od pamuka ili Rayona  
izdržljivosti na kidanje 40—500 kg/cm,  
sa gumenim oblogama ili negorljivim oblogama  
od PVC-a za protivpožarnu sigurnost u rudnicima.

ISPITANE I PRZNATE U CIJELOM SVIJETU  
IZVOLITE TRAŽITI SPECIJALNE PONUDE



MAĐARSKO VANJSKOTRGOVINSKO  
PODUZEĆE ZA KEMIJSKE  
PROIZVODE  
BUDAPEST 5, P. O. B. 121

Zastupnik za SFRJ:  
**KONTINENTAL**  
Inostrana zastupništva  
BEOGRAD, Terazije 27/III



## Pretplatite se na publikacije Rudarskog instituta

Godišnja pretplata za preduzeća 1.200.— N. din.

### Individualna pretplata:

|  |                                |
|--|--------------------------------|
| »Rudarski glasnik«   | — 4 × godišnje — 24.— N. din.  |
| »Informacija B«  | — 10 × godišnje — 20.— N. din. |
| »Informacija C«  | — 10 × godišnje — 10.— N. din. |
| »Informacija D«  | — 12 × godišnje — 24.— N. din. |
| »Izveštaj o radu Rudarskih<br>instituta (Beograd, Tuzla,<br>Zagreb, Ljubljana) | — 4 × godišnje — 4.— N. din.   |

Svaki pretplatnik na sve publikacije uživa popust od 20%, te prema  
tome godišnja pretplata iznosi svega 66.— N. din.

Pošaljite zahtev na redakciju publikacija: Rudarski institut — Beograd,  
Biro VII, Zemun, Batajnički put br. 2.

TEHNIČKI REDAKTOR I KOREKTOR: M. MARKOVIĆ I M. PETROVIĆ — NASLOVNA  
STRANA: A. KATUNARIC — SLIKA NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO  
U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOGRAD) — FOTO: S. RISTIĆ

