

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 — 9637

BROJ  
**2**  
1981

# RUDARSKI GLASNIK

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

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2  
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA  
ŠTAMPA: BIRO ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU »JAROSLAV  
ČERNI« – BEOGRAD

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 — 9637

BROJ  
**2**  
1981

# RUDARSKI GLASNIK

BULLETIN OF MINES  
BULLETIN DES MINES  
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ  
BERGBAUZEITSCHRIFT

**GLAVNI UREDNIK**

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

**ČLANOVI REDAKCIONOG ODBORA**

AHČĀN dr ing. RUDOLF, Fakultet za naravoslovje in tehnologijo, Ljubljana  
CAVIROVSKI dipl.ing. VELJAN, Rudarski institut, Skopje  
ČURČIĆ dr ing. ALEKSANDAR, Rudarski institut, Beograd  
DRAŠKIĆ prof. dr ing. DRAGIŠA, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
DUŠI prof. ing. MINIR, Rudarsko-metaluški fakultet, Kosovska Mitrovica  
GLUŠČEVIĆ prof. ing. BRANKO, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd  
GRBOVIĆ dipl.ing. MILOJUB, Rudarski institut, Beograd  
IVANKOVIĆ dr ing. DRAGORAD, Rudarski institut, Beograd  
JUJIĆ mr ing. DRAGOLJUB, Rudarski institut, Beograd  
MARUNIĆ dr ing. ĐURA, Rudarski institut, Beograd  
MIHAJLOVIĆ dipl.ing. MARIJA, Rudarski institut, Beograd  
NOVAKOVIĆ dr ing. LJUBOMIR, Rudarski institut, Beograd  
PEJČINOVIĆ mr ing. JOVAN, Rudarski institut, Beograd  
PERIŠIĆ prof. dr ing. MIRKO, Rudarski institut, Beograd  
PERKOVIĆ mr ing. BORISLAV, Rudarski institut, Beograd  
PRIBIĆEVIĆ dipl.ing. MILOŠ, Rudarski institut, Beograd  
RADENKOVIĆ dipl.ing. ČEDOMIR, Rudarski institut, Beograd  
STOJKOVIĆ mr ekon. ĐUŠAN, Rudarski institut, Beograd  
TASEVSKI dipl.ing. APOSTOL, Rudarski institut, Skopje  
TOMAŠIĆ dr ing. STJEPAN, Rudarski institut, Beograd  
VESELINOVIC dipl.inž. RADOSLAV, Rudarski institut, Beograd

## SADRŽAJ

### Eksplotacija mineralnih sirovina

Dr mr inž. HENRIH TURALA – dipl.inž. ZLATAN MATKO	
Iskustva na eksploataciji lignita površinskim otkopom iznad starih jamskih radova . . . . .	5
Summary . . . . .	9
Zusammenfassung . . . . .	10
Rezjume . . . . .	10

### Dipl.inž. DOBRIVOJE TANASIJEVIĆ

Doprinos izboru obima proizvodnje u rudniku azbesta Korlače . . . . .	11
Summary . . . . .	16
Zusammenfassung . . . . .	17
Rezjume . . . . .	17

### Doc. dr inž. RATOMIR DŽODIĆ

Direktno očitavanje pritisaka u podzemnim prostorijama pomoću nomograma u cilju određivanja odgovarajuće podgrade 18	
Summary . . . . .	33
Zusammenfassung . . . . .	33
Rezjume . . . . .	33

### Priprema mineralnih sirovina

Dipl.inž. MIRA MITROVIĆ	
Mogućnosti čišćenja lignita Kolubara pre sagorevanja u termoelektrani . . . . .	34
Summary . . . . .	42
Zusammenfassung . . . . .	43
Rezjume . . . . .	43

### Mr inž. BOŽidar BRANKOVIĆ – dipl.inž. MIHAJLO CANIĆ

Mogućnosti uklanjanja CeO <sub>2</sub> i SiO <sub>2</sub> iz magnezita kombinovanim postupkom žarenja i gravitacijske koncentracije . . . . .	45
Summary . . . . .	48
Zusammenfassung . . . . .	48
Rezjume . . . . .	49

### Mr inž. STEVAN MILORADOVIĆ

Mesto i značaj pretkoncentracije u obogaćivanju i valorizaciji siromašnih ruda magnezita . . . . .	50
Summary . . . . .	57
Zusammenfassung . . . . .	58
Rezjume . . . . .	58

### Ventilacija i tehnička zaštita

Dr inž. IVAN AHEL – dipl.inž. DRAGOLJUB UROŠEVIĆ – mr mat. DUŠAN BRATIČEVIĆ – dipl.inž. DUŠAN VITOROVIĆ – dipl.inž. MIODRAG STANKOVIĆ – dipl.inž. MILUTIN JOVANOVIĆ – dipl.inž. VLADIMIR MANIĆ – inž. SLOBODAN SAVIĆ	
Tehničko rešenje otprašivanja primenom sistema aspiracije i filtracije u pogonima za aglomeraciju Metalurškog kombinata Smederevo . . . . .	59
Summary . . . . .	68
Zusammenfassung . . . . .	69
Rezjume . . . . .	69

## **Projektovanje i konstruisanje**

### **Dipl.inž. MILOŠ PRIBIĆEVIĆ**

<b>Prilog problematici zaštite podzemnih konstrukcija od pritisaka podzemnih voda – Prikaz na primeru primarnog drobljenja Stari Trg . . . . .</b>	<b>70</b>
Summary . . . . .	74
Zusammenfassung . . . . .	74
Rezjume . . . . .	74

### **Dipl.inž. RASTKO JURIŠIĆ – dipl.inž. VOJISLAV DJANIŠ**

<b>Jalovišta u području vodotokova . . . . .</b>	<b>75</b>
Summary . . . . .	80
Zusammenfassung . . . . .	80
Rezjume . . . . .	84

## **Ekonomika i kibernetika**

### **Dipl.inž. dipl.mat. JOVAN VUJIĆ**

<b>Primena metode konačnih elemenata (KE) pri proračunu napona u trakastim stubovima . . . . .</b>	<b>82</b>
Summary . . . . .	91
Zusammenfassung . . . . .	91
Rezjume . . . . .	91

## **Istorijski rudarstvo**

### **Prof. inž. MILOVAN ANTUNOVIĆ KOBLIŠKA**

<b>Alat i mašine rudara kasnog srednjeg i ranog novog veka srednje Europe po Georgius Agrikoli . . . . .</b>	<b>93</b>
--	-----------

<b>Nova oprema i nova tehnička dostignuća . . . . .</b>	<b>101</b>
---	------------

<b>Prikazi iz literature . . . . .</b>	<b>102</b>
--	------------

<b>Bibliografija . . . . .</b>	<b>103</b>
--------------------------------	------------

## ISKUSTVA NA EKSPLOATACIJI LIGNITA POVRŠINSKIM OTKOPOM IZNAD STARIH JAMSKIH RADOVA

(sa 5 slika)

Dr mr inž. Hen r i h T u r a l a — dipl.inž. Z l a t a n M a t k o

### Uvod

Cilj članka je da definiše primenu površinske eksplotacije na ležištima uglja eksplorativnim jamskim radom.

Ova kompleksna tehnologija obrađena je na primerima naših najvećih površinskih otkopa: Dobro Selo, Polje D i Čirikovac. Uticaj niza parametara uslovio je i različito rešenje problema u pojedinim basenima.

Primenjivost ove tehnologije pruža mogućnost za eksplotaciju zatvorenih jama i prelazak sa podzemne na površinsku eksplotaciju ležišta, čiji se vek eksplotacije jamskim radom bliži kraju, a ima povoljan koeficijent otkrivke.

Svetska ekonomska i energetska kriza uslovljava orientaciju na veće korišćenje domaćeg energetskog potencijala — uglja. Ocenjeno je, da na svakog Jugoslovena dolazi oko 400 t ekvivalentnog goriva, dok građanin sveta, u proseku, raspolaže sa 2400 t; neke zemlje imaju čak i 10 puta više energije po jednom stanovniku od naše zemlje.

Ova orientacija uslovljava primenu površinske eksplotacije ležišta, glavnog nosioca tehničkog progrusa u rudarstvu XX i XXI veka, s obzirom na stepen iskorišćenja (90% – 95%) uz korišćenje visokoproduktivne mehanizacije za eksploraciju, transport i odlaganje. Podzemna eksplota-

cijska ležišta, slojeva uglja velike moćnosti, imala je stepen iskorišćenja u jamama Junkovac 30%, Čirikovac 50% i Kosovo 25%. Ostatak ugljene supstance u ležištu omogućio je nastavak eksplotacije površinskim putem usled relativno povoljnog koeficijenta otkrivke.

Kao posledica podzemne eksplotacije pojavila se deformacija ugljene supstance i došlo je do poremećaja krovinskih naslaga (otkrivke). Formiranje pingi na površini terena značilo je da je zarušavanje (zapuna praznog prostora) izvršeno u potpunosti i da su u toj zoni transport i eksplotacija, primenom osnovne i pomoćne mehanizacije, bezbedni. U pojedinim delovima ležišta nailaskom na čvršće litološke članove, proces zarušavanja je prekinut i formirani su prazni prostori u funkciji metode podzemne eksplotacije.

Zapaženi su prazni prostori (jama Junkovac REIK Kolubara) od nekoliko desetina m<sup>3</sup>. Nailaskom osnovne mehanizacije (rotornih bagera) na prazan prostor moglo bi doći do propadanja gusenice bagera, prevrtanja bagera i teške havarije.

Kompleks problematike površinske eksplotacije uvećan je dodatnim opterećenjem uslovljenim problemom sigurnosnih mera koje prvenstveno imaju za cilj da omoguće nesmetano organizovanje tehnološkog procesa eksplotacije sa jedne i potpunu zaštitu otkopne i transportne mehanizacije od eventualnih havarija, sa druge strane.

Težina samog problema je u tesnoj vezi sa većim brojem elemenata, od kojih kao važnije treba istaći:

- fizičko-mehaničke osobine uglja i otkrivke
- uticaj podzemne i atmosferske vode
- strukturne osobine
- napregnutost tla
- elemente unutrašnjeg otpora tla
- vrstu otkopne metode koja se primjenjuje pri jamskim radovima
  - način rasterećenja krovine (prazan prostor – pinge)
  - visina pojasa od krovine jamskog rada do nivoa etaže
  - karakteristike bagera koji rade na otkrivci i uglju
  - verodostojnost dokumentacije jamskih radova
  - vremenski period od prestanka jamske eksploatacije do početka površinske.

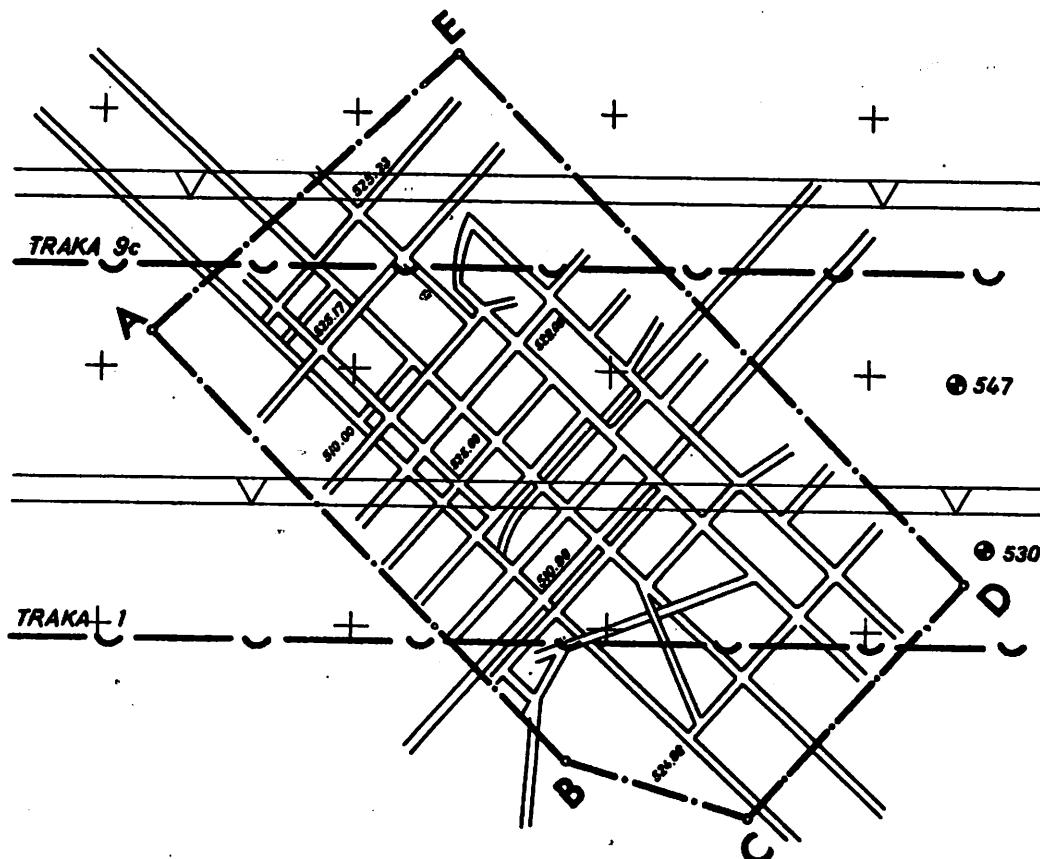
Kompleksno razmatranje svih ovih elemenata uslovilo je različito rešenje problema na površinskim otkopima:

- Polje D – REIK Kolubara
- Čirikovac – IEK Kostolac
- Dobro Selo – REMHK Kosovo

#### Eksploatacija lignita na površinskom otkopu Dobro Selo iznad starih radova Jame Kosovo

Stari radovi Jame Kosovo izvođeni su u dva horizonta: prvi na koti 525 m i drugi na koti 510 m, a između je ostavljen zaštitni stub.

Ugalj je otkopavan komornom metodom, a glavna karakteristika kosovske metode je u tome, što je ugalj otkopavan u širokim i visokim prostorijama koje su međusobno odvojene zaštitnim stubovima.



Sl. 1 – Ograničenje zone jamskih radova na PO Dobro Selo

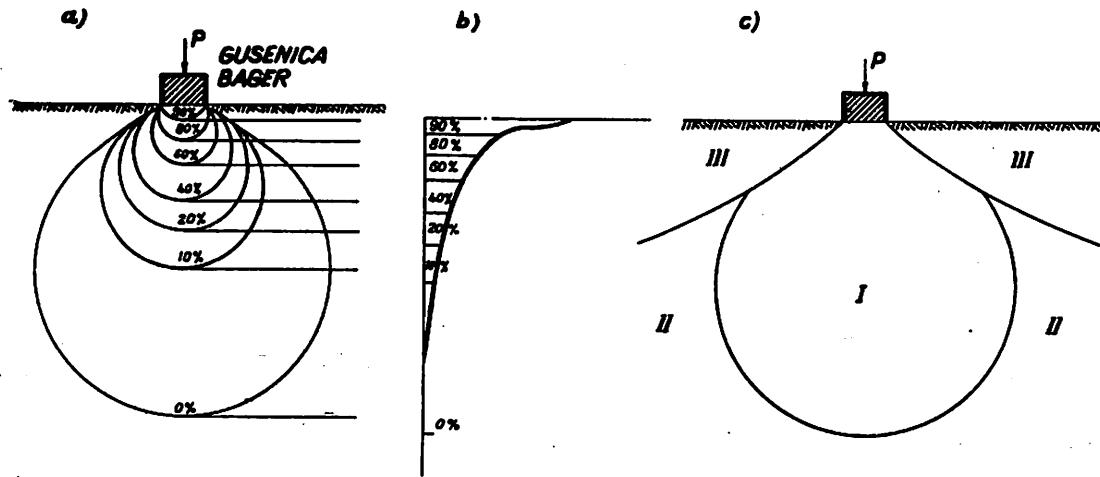
Slika 1 prikazuje ograničenje zone jamskih radova na površinskom otkopu Dobro Selo.

Na prvoj i drugoj etaži na otkrivci su angažovani bageri Sch Rs-420. 15/3,5 · 0.

Koristeći potrebne podatke rotornog bagera i proračun rasprostiranja napona pritiska u dubinu ispod gusenice bagera opitima Köglera i Scheidiga dokazano je da se obrazuju tri zone napona pritiska (slika 2) i to:

etaži otkrivke, jer pojas od 12,8 m (visina etaže) pruža dovoljnu zaštitu za rotorni bager.

Ovim problem eksploatacije nije rešen, jer ostaje I etaža na otkrivci, gde se radovi izvode neposredno iznad starih jamskih radova. Zbog toga su predviđene mere koje se sastoje u kontrolnom bušenju u zoni jamskih radova a u pravcu kretanja gusenica rotornog bagera Sch Rs-470 15/3,5 · 0. Bušenje se vrši u zoni prohoda bagera bušilicom BSM 110 : 26. Sama šema bušotina prikazana je na



Sl. 2 – Tri zone napona pritiska

- zona elastično-plastične deformacije (neposredno ispod gusenice)
- zona neporemećene oblasti — elastične deformacije
- zona bez povećanog napona u kojoj nema dejstva opterećenja

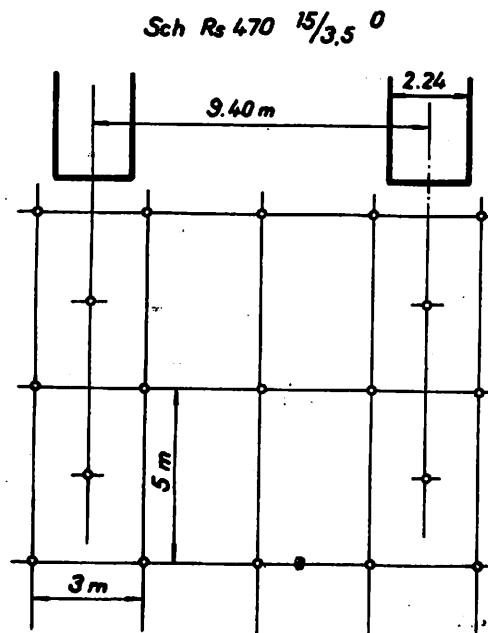
Slika 2 prikazuje:

- a — rasprostiranje napona pritiska
- b — dijagram napona pritiska u tlu
- c — zone napona u tlu:

- I — zona poremećene oblasti
- II — zona neporemećene oblasti izobarama
- III — zona oblasti bez povećanog napona

Vršen je i proračun uticaja bagera po dubini metodom Steinbrennera, koja se zasniva na Bousinessgovom matematičkom rešenju.

Oba proračuna pokazala su da se eksploatacija otkrivke može nesmetano obavljati na drugoj



Sl. 3 – Šema bušotina

slici 3, a obezbeđuje sigurno utvrđivanje sigurnosne zone prolaza rotornog bagera.

U pravcu gusenice rotornog bagera rastojanje između bušotina koje se buše u cilju kontrole je 5 m, što se pokazalo kao dovoljno rastojanje za indiciranje jamskih prostorija.

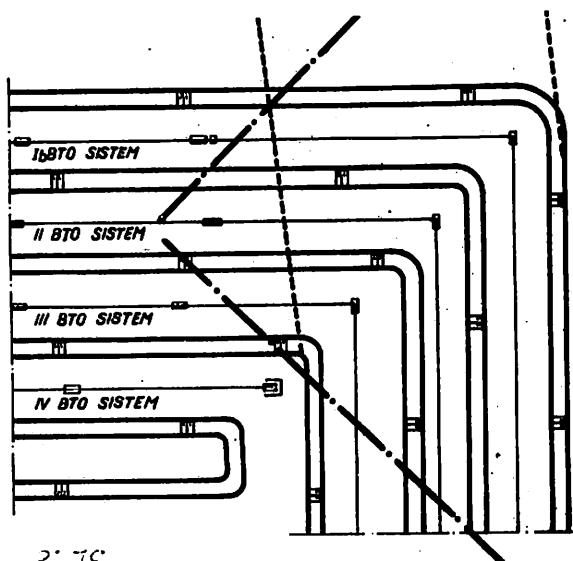
Sigurnosne mere na otkopu Dobro Selo pokazale su se optimalnim s obzirom na sigurnost i relativno niske troškove prevencije i nesmetani nastavak tehnološkog procesa.

#### Eksploracija lignita na površinskom otkopu Polje D iznad starih radova Jame Junkovac

Aneksom investicionog programa Polja D za povećanje kapaciteta sa  $12 \cdot 10^6$  na  $15 \cdot 10^6$  tona uglja, a naknadnim aneksom sa  $15 \cdot 10^6$  na  $18,8 \cdot 10^6$  t uglja godišnje, proširena je granica na severoistočnom delu polja. Tom prilikom zahvaćen je deo ugljenog sloja koji je jednim delom (u povlati) eksplorisan jamom Junkovac.

Slika 4 prikazuje severno krilo Polja D, koje obuhvata deo ležišta eksplorisan podzemnim radovima.

Proračun naprezanja u tlu ispod gusenica izvršen je za bager SR<sub>S</sub>-1200. Utvrđeno je stvarno rasprostiranje naprezanja u tlu ispod bagera putem terenskih merenja [1] ugradnjom dinamometra na



Sl. 4 – Severno krilo Polje D

Legenda:

— kontura eksploracije polja D; -.-— zona eksploracije jame Junkovac.

dubinama 0,5 m i 2,0 m u tlu. Dobijeni rezultati terenskih merenja su u granicama očekivanih vrednosti dobijenih proračunima. Izmereni naponi od  $120 \text{ kN/m}^2$  na dubini od 2,0 m bliski su računskim vrednostima po Fadunu ( $106 \text{ kN/m}^2$ ) i Steinbrenneru ( $151 \text{ kN/m}^2$ ).

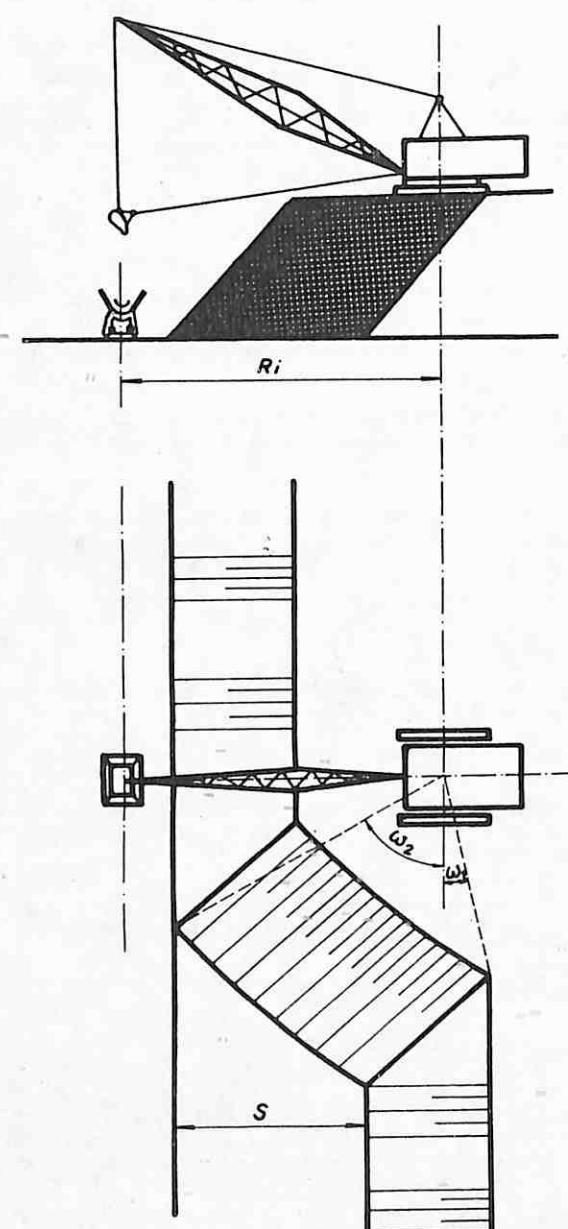
Nedostatak potrebne tehničke dokumentacije za eksploraciju Jame Junkovac – veći broj velikih praznih prostora, a takođe i eksploraciona oprema – rotorni bageri SR<sub>S</sub>-1200, uslovili su specifična rešenja problema.

Na osnovu toga zaključuje se sledeće:

- u zoni jame Junkovac ne mogu se detektovati sa sigurnošću prazni prostori (metoda bušenja, metoda ultrazvuka i merenje elektro-otpora)
- skraćenjem frontova severnog krila izgubila bi se uglena supstanca od cca  $16 \cdot 10^6$  t uglja sa povoljnim koeficijentom otkrivke
- iznad limonitskog sloja (oksidne zone) nije zabeležena pojавa praznih prostora, a detaljnim bušenjem može se ispitati pravac, moćnost i prostiranje oksidne zone
- radna niveleta rotornog bagera SR<sub>S</sub>-1200 24/4, pogonski broj 5, Ib sistem lociran je iznad limonitskog tampona, pa je za taj sistem rad na otkrivicu siguran
- ispod prostiranja limonitskog tampona do krovine ugljenog sloja nije moguća primena rotornih bagera kojima raspolaže Polje D, već samo dreglajna EŠ-5/45 usled niskog specifičnog pritiska, dubinskog rada i obezbeđivanja nivelete stajanja
- utovar, diskontinualna mehanizacija dreglajna, regulisan je utovarnim samohodnim levkom sa dozerom koji se transportuje tračnim transporterima aktivnih BTO sistema II i III. Šema rada dreglajna data je na slici 5
- otkopavanje uglja se mora vršiti sa nižim radnim niveletama, odnosno ispod kote nekadašnjih jamskih prostorija. Neophodno je da se u zoni jame očisti deo ugljenog sloja, gde je vršena jamska eksploracija i taj materijal prebac u unutrašnje odlagalište (angažovanje mehanizacije u okviru Polja D).

#### Eksploracija lignita iznad starih radova Jame Ćirikovac površinskim otkopom Ćirikovac

Pitanje eksploracije i sigurnosti u okviru površinskog otkopa Ćirikovac regulisano je spušt-



Sl. 5 – Šema rada dreglajna

anjem niveleta rotornih bagera na sigurnosnu  
niveletu eksploatacije.

Za ležište Ćirikovac karakterističan je problem vađenja jamske građe, s obzirom da je deo hodnika urađen u betonskoj podgradji. Prednost za ovo ležište su detaljne jamske situacione karte, kao i to, što rukovodeći radnici jamske eksploatacije rukovode i površinskim otkopom.

Čišćenje ugljenog sloja vrši se hidrauličkim bagerom kaškarom u dubinskom radu sa sigurne pozicije uz angažovanje pomoćne opreme – cevopolagачa i buldozera.

Geometarska služba uz pomoć „jamske“ dokumentacije na terenu vidno obeležava podzemne objekte. Na osnovu pripremljene dokumentacije i pomoći geometra vrši se sigurno „čišćenje“ jame Ćirikovac i nesmetano napredovanje eksploatacije lignita površinskim otkopom.

#### Zaključak

Primena površinske eksploatacije u svetu ima sve veći prioritet. Eksploatacija ležišta jamskom tehnologijom ostavlja neiskorišćenu mineralnu sirovину koju ekstrahuje površinska tehnologija.

Poznati primer iz svetske prakse – severnočeški basen mrkog uglja predstavlja najpoznatiji primer kompleksne tehnologije eksploatacije starih jamskih radova površinskim metodama.

Potreba za energijom aktivirala je i u NR Poljskoj rad na ekonomičnosti i eksploatabilnosti ovih ležišta.

Navedeni primjeri ukazuju na mogućnost površinske eksploatacije ležišta koja su nekada eksploatisana jamski i sada su ugašena i ležišta, čiji se vek jamske eksploatacije bliži kraju, a ostale su dovoljne rezerve za površinsku eksploataciju.

Pristup ovoj tehnologiji za svaki basen je poseban i specifičan, ali u praksi opravdava svoju pravilnu namenu.

#### SUMMARY

#### Experience in Open Pit Lignite Mining above Old Underground Works

The objective of the paper is to define the application of opencast mining in coal deposits previously mined by underground methods.

This complex technology was developed on the examples of our largest opencast mines Dobro Selo, Field D and Čirikovac. The effect of numerous parameters imposed different solutions of problems in individual coal basins.

The applicability of this technology lends the possibility of mining closed underground mines and transfer from underground to opencast exploitation of deposits in which the life of underground mining is near its end while the ore-to-overburden ratio is favourable.

### ZUSAMMENFASSUNG

#### Erfahrungen bei der tagebaumässigen Gewinnung von Braunkohle über dem Alten Mann

Das Ziel dieser Arbeit ist den Einsatz der Tagebaugewinnung an den durch Tiefbau gewonnenen Lagerstätten, zu ermöglichen.

Diese zusammengesetzte Technologie wurde an den Beispielen unserer grössten Tagebaubetriebe Dobro Selo, Feld D und Čirikovac bearbeitet. Einfluss von einer ganzen Reihe von Parametern hat auch verschiedene Lösungen dieses Problems in einzelne Braunkohlenreviere bedingt.

Die Anwendbarkeit dieser Technologie bietet Möglichkeit zur Gewinnung von aufgelassenen Gruben und den Übergang vom Tiefbau zum Tagebau, um die Gewinnungsdauer der Lagerstätte fortzusetzen, die durch Tiefbau ihrem Ende zugeht, aber einen günstigen Abraumkoeffizienten hat.

### РЕЗЮМЕ

#### Опыт разработки месторождения lignita открытым способом над старыми подземными выработками

Целью статьи является определение возможности применения открытого способа разработки месторождений угля, разрабатываемых раньше подземным способом.

Эта комплексная технология разработана на примерах наших самых крупных открытых разработок Добро Село, поле „Д“ и Чириновца. Влияние целого ряда параметров обусловило взаимно различающиеся решения этой задачи в раз личных бассейнах.

Применимость этой технологии предоставляет возможность разработки уже закрытых шахт и перехода с подземной на открытую разработку месторождений, для которых срок разработки подземным способом близится к концу, и коэффициент вскрыши которых имеет благоприятное значение.

### Literatura

1. Rasulić, R., Kovacević, S., Matko, Z., 1979: Studija mogućnosti otkopavanja otkrivke na površinskom kopu Polje D iznad starih radova Jame Junkovac. — Biro za projektovanje i inženjering — REIK Kolubara.
2. Makar, M., Matko, Z., Lečić, M., 1980: Uprošćeni rudarski projekat eksploracije i transporta preko starih radova Jame Čirikovac. — Rudarski institut, Beograd.
3. Simić, R., 1961: Sigurnosne mere na površinskom kopu Dobro Selo pri otkopavanju lignita iznad starih radova Jame Kosovo. — Sigurnost u rудarstvu.
4. Nadjadnović, N., Obradović, R., 1980: Mechanika tla u inženjerskoj praksi, Beograd.
5. Bralić, J., Obradović, R., Putić, S., 1977: Studija mogućnosti otkopavanja iznad starih radova Jame Junkovac. — Rudarski institut, Beograd.

Autori: dr mr inž. Henrik Turala, Poltegor, Vroclav, NR Poljska i dipl.inž. Zlatan Matko, Zavod za eksploraciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd.

Recenzent: dr inž. R. Obradović, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 18.3.81, prihvaćen 12.5.1981. godine.

UDK 622.367.6.004.17  
Primjenjeno-istraživački rad

## DORPINOS IZBORU OBIMA PROIZVODNJE U RUDNIKU AZBESTA KORLAČE

(sa 3 slike)

Dipl.inž. Dobrije Tanasićević

### Uvod

Ležište azbestne rude Korlače nalazi se na teritoriji opštine Raška na jugozapadnim obroncima Kopaonika, sa nadmorskom visinom 600–1200 m.

Ležište je pronađeno 1939. godine, otvoreno površinskim otkopom u toku drugog svetskog rata, a tako i sada radi.

Rudnik je povezan putem u dužini od 5 km sa železničkom prugom normalnog koloseka i magistralnim putem, čime je ostvarena vrlo dobra veza sa ostalim delovima zemlje.

Azbestno vlakno iz separacije transportuje se monokablovskom žičarom dužine 2,8 km do železničke stanice u Brveniku.

### Rudarsko-geološke karakteristike ležišta

Rudno ležište hrizotilnog azbesta Korlače podeljeno je Korlačkim potokom, duboko usećenim u serpentine, na dva dela. Jugoistočni deo sačinjavaju rejoni Pogrebina i Bučje, a severozapadni deo Stanilovica i Leštak. Ova dva dela su otkopavanjem spojena u jednu celinu.

U ležištu preovlađuju serpentinisani lerzoliti koji čine osnovni teren i svakako najstarije stene koje nisu zahvaćene procesom serpentinizacije.

Serpentin se javlja u više vidova: vezan silicijskim cementom ili jednostavno tektonski slepljen u breču, škriljavi serpentin, kao odraz jakih tektonskih pokreta.

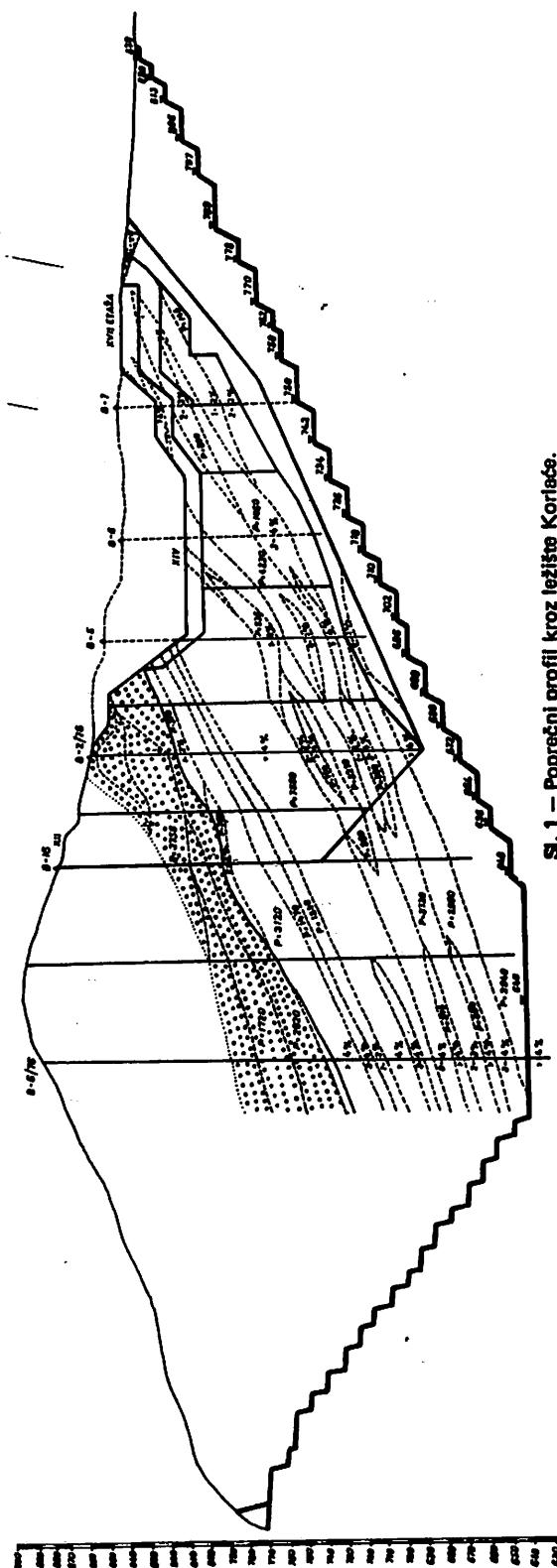
Dacit-andeziti su sitnozrne stene zahvaćene procesom propilitizacije i pojavljuju se kao stene stvorene u više faza izučavanja. Ove stene su u krovinskom delu ležišta. Sedimentne stene zastupljene su sa tri facije: krečnjačko-sprudna, krečnjačko-glinovito-laporovita i laporovito-peskovita facija.

Na kontaktu andezita i serpentina su veoma žilave hloritisane i silifikovane stene, moćne do 5 m.

### Orudnjanje

Ležište Korlače je vlaknasti varijetet serpentina, odnosno hrizotilni azbest. Po hemijskom sastavu je hidrosilikat magnezijuma. Ležište, prema načinu pojavljivanja azbesta, predstavlja baženovski tip, što znači da se odlikuje mrežastim tipom orudnjenja, jer se rudne žice pojavljuju u raznim pravcima i međusobno se „prožimaju”. Ovakva ležišta imaju zнатно prostranstvo, strmi pad i velike dubine.

Hrizotilni azbest u Korlaču pripada poprečno-vlaknastom varijetu, koji se odlikuje upravnim rasporedom kristala na zidové žica. Dužina



iglica varira i iznosi od 1 do 11 mm. Azbest se pojavljuje u rudnim zonama čije su konture pravilne i prilagođene pukotinama u serpentinitu. Rudne zone imaju različite dimenzije, a između njih je jalovinski deo, što se vidi iz karakterističnog profila kroz ležište (slika 1).

S obzirom na dubinski proces serpentinizacije peridotitsko-lerzolitskog batolita, kao i postojanje eruptivnog dovodnog kanala, nesumnjivo je da se ležište proteže u dubinu.

U kontaktnoj zoni prema dacitima javlja se dehidrirani azbest, što je posledica naknadnih ekstruzija andezita.

Kvalitet sirovine

Osnovni parametri koji određuju kvalitet sirovine su sadržaj azbesta u rudi, dužina vlakna (asortiman) i njegove fizičko-mehaničke osobine.

Sadržaj azbesta u rudi na celom ležištu je 2,78%. Asortiman azbestnog vlakna prema proceni je:

- klasa 3 5 %
- klasa 4 25 %
- klasa 5 35 %
- klasa 6 15 %
- klasa 7 20 %

Vlakno može biti vrlo čisto i može se raščesljavati u širokom rasponu od 2000 do 14000 cm<sup>2</sup>/g. Kvalitet vlakna i mogućnost njegove primene u azbest–cementnoj i drugim industrijama potvrđen je dugogodišnjom proizvodnjom.

Dokazane rudne rezerve cene se na oko  $43 \times 10^6$  t, a pored njih bušenjem su konstatovane verovatne rezerve u količini od oko  $29 \times 10^6$  t, što ukupno daje  $72 \times 10^6$  t rude.

Ležište je istraženo dubinskim bušenjem i podzemnim rudarskim radovima.

#### **Ograničenje površinskog otkopa**

Da bi se sagledao zahvat površinskim otkopom sa što nižim srednjim koeficijentom otkrivke i što višim sadržajem azbesta u rudi, urađene su tri varijante. Sve varijante imaju zahvat do dubine na

kotj +640 m. Ova dubina usvojena je zbog toga što se okolna brda naglo dižu i sa povećanjem dubine zahvata morala bi da se zahvati mnogo veća količina jalovine.

### – Varijanta I

Polazna niveleta otkopa je kota 640 m i na njoj je zahvaćena ruda iz sva četiri revira: Pogrebina, Bučje, Stanilovicu i Leštak. Sva ruda iznad 1% azbesta na niveleti 640 ušla je u zahvat, a deo rude od 0 do 1% azbesta ostavljen je van konture da se ne bi zahvatio veći deo jalovine.

Konstrukcija otkopa urađena je obradom na računaru sa sledećim polaznim elementima:

- polazna kontura je na niveleti 640
- uglovi stabilnosti završnih kosina su  $380^\circ$  za krovinski deo, a za podinski deo kontura ide po podini tamo gde je ona blaža od  $380^\circ$ , a gde je strmija, ugao kosine je  $380^\circ$ .

Jugoistočni deo ležišta ima neravnomerni pad, tako da se na koti 700 i 800 rudno telo proširuje u pravcu jugoistoka, te je u ovim delovima izvršena korekcija kontura otkopa, čime se zahvatila veća količina perspektivnih rudnih rezervi.

### – Varijanta II

Najkvalitetniji deo rude nalazi se u centralnom delu rudnog ležišta. Ova varijanta predstavlja modifikaciju varijante I i to u severozapadnom delu ležišta gde je skraćen zahvat, tako da nisu uzeti u okonturenje revri Leštak i Stanilovicu. Svi ostali elementi za konstrukciju otkopa su isti kao u prvoj varijanti.

### – Varijanta III

Ova varijanta je delimično izmenjena varijanta II i to samo u jugoistočnom delu, gde je proširenje okonturenja na etaži 806 iz varijante I i II skraćeno, čime je zahvaćena manja količina siromašnijih perspektivnih rezervi, a time se postiglo i da je ukupna visina otkopa smanjena za 24 m. Ograničenje po ovoj varijanti vidi se na slici 2.

Količine masa po varijantama i koeficijentu otkrivke su:

varijanta I	$181,9 \cdot 10^6$ t	$k_o = 1,04$
varijanta II	$161,1 \cdot 10^6$ t	$k_o = 1,074$
varijanta III	$144,4 \cdot 10^6$ t	$k_o = 0,99$

Iz ovih podataka se vidi, da je najbolje iskorišćenje ležišta po varijanti I, a najmanja količina perspektivnih rezervi zahvaćena je varijantom III, te ona ima i najpovoljniji sadržaj azbesta u rudi u količini od 3,33 %.

Sadržaj azbesta u rudi sa dubinom raste i to tako da je prvi 120 m dubine otkopa sadržaj 1,99 %, narednih 70 m 3,66 %, a najdublji delovi 4,16 %.

Zbog ovakvog rasporeda sadržaja azbesta u ležištu pri eksploataciji treba voditi računa da se otkopavanje vrši po celoj visini otkopa, čime bi se postigla homogenizacija rude.

### Optimizacija kapaciteta

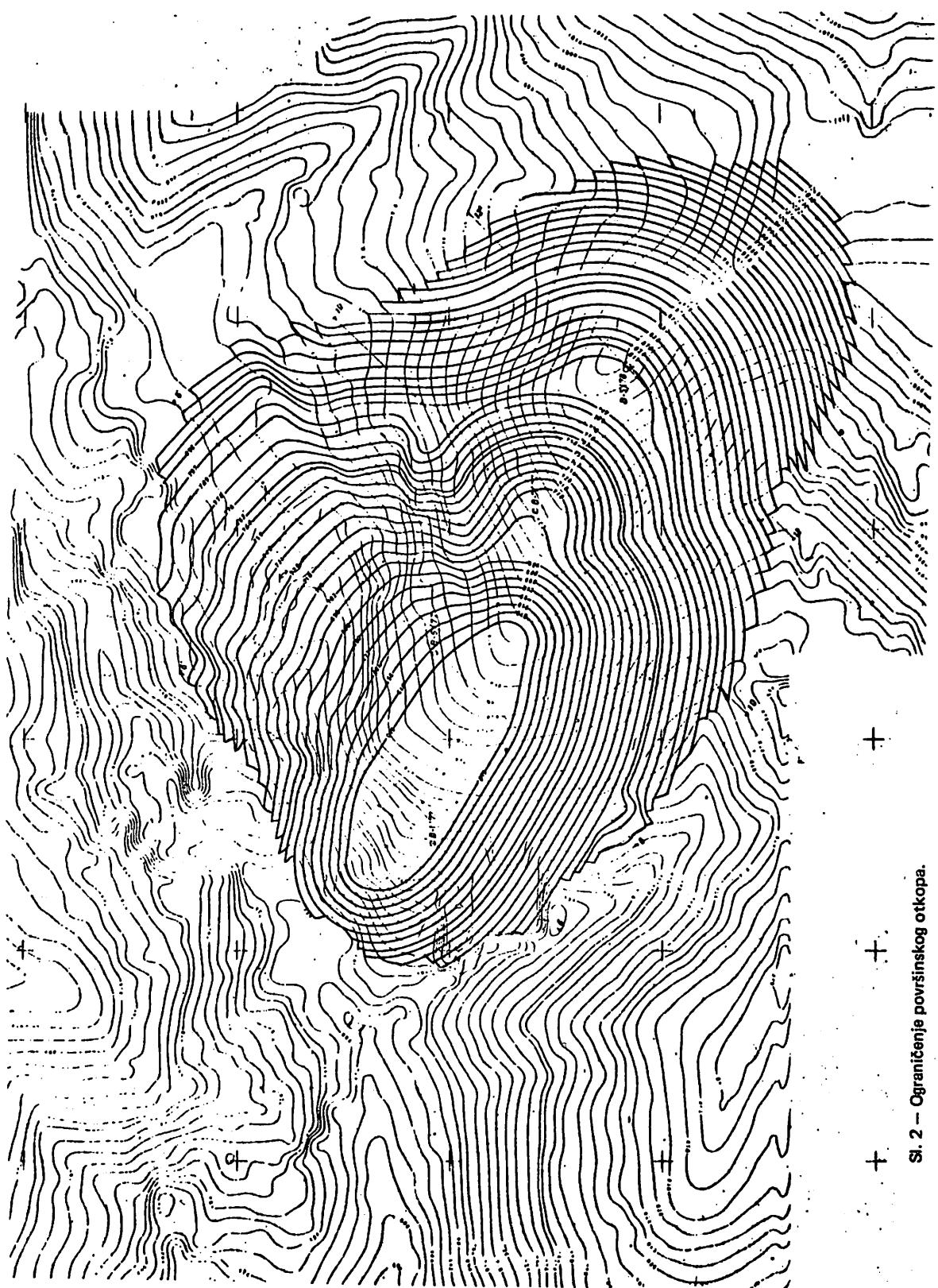
Optimizacija kapaciteta rudnika bazira na sledećim postavkama:

- da postoji optimalna veličina rudarskog pogona u području realnih veličina
- da se optimum nalazi kod maksimuma funkcije dobiti
- da su kriterijumi specifičnih troškova najpodesniji za optimiranje, tj. da se sa što manje ulaganja ostvare efekti u što kraćem roku.

Navedenim postavkama i opisanom tipu ležišta najviše odgovara analiza elastične stope dobiti (ESD), koja bazira na principu da je potrebno prekinuti sa ulaganjima sredstava onda, kada prestaje povećanje stope dobiti.

Analiza elastične stope dobiti (ESD) je odnos povećanja diskontne stope vraćanja (DCF) i aktuelne diskontne stope.

Obrazac za utvrđivanje elastične stope dobiti ESD ima sledeći oblik:



Sl. 2 – Ograničenje površinskog otkopa.

$$ESD^* = \frac{\frac{e - (R + M + S)_{j+1} \cdot Q_{j+1} - e - (R + M + S)_j \cdot Q_j}{I_{j-1} - I_s}}{\frac{e - (R + M + S)_j \cdot Q_j}{I_j}}$$

gde je:

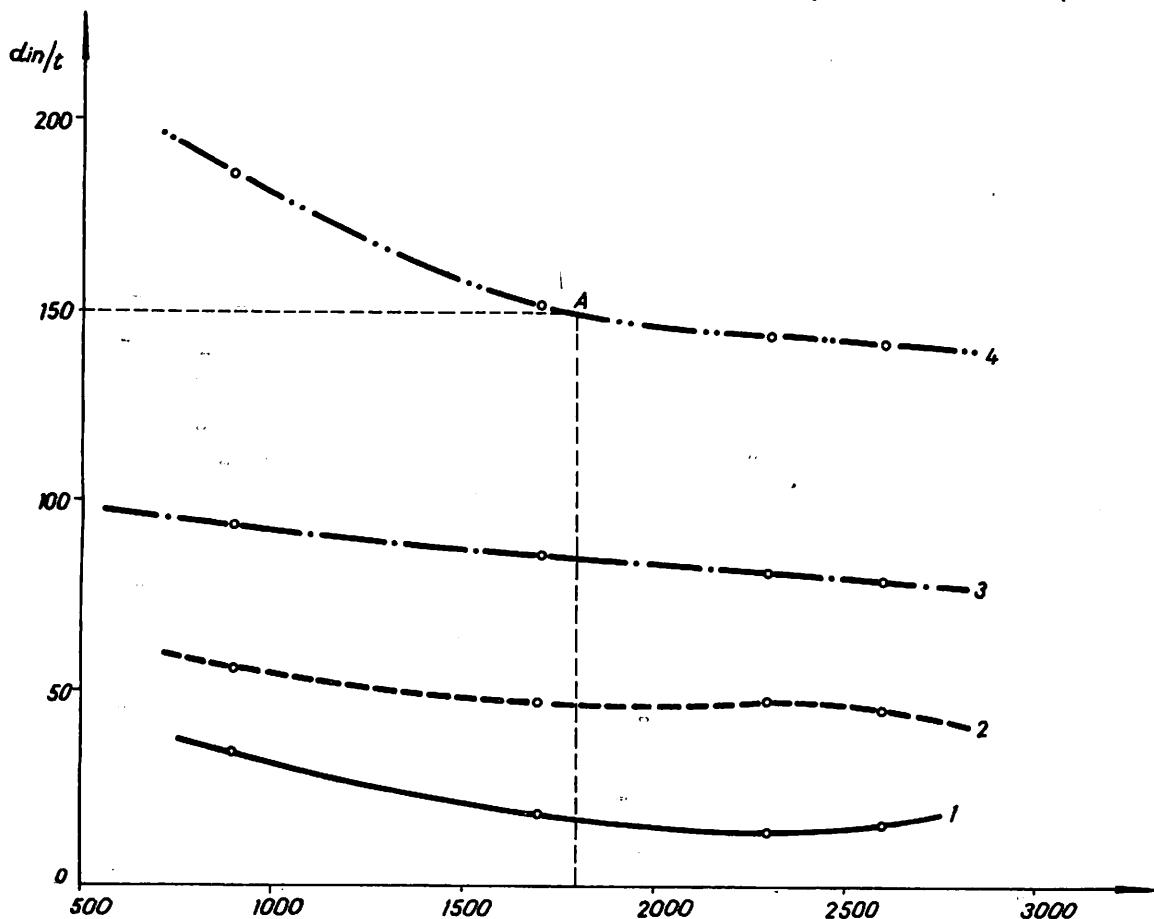
e – vrednost rude franko separacija  
 R – troškovi rada  
 M – troškovi materijala  
 S – troškovi sredstava  
 Q – godišnja proizvodnja  
 I – ukupno uložena sredstva

bagera bude najviše iskorišćen. Danas, u svetu, bageri kašikari rade se, uglavnom, sa standardnom kašikom od  $4,6 \text{ m}^3$ ,  $7,65 \text{ m}^3$  i  $11,5 \text{ m}^3$ , čiji se kapaciteti kreću od  $900.000 - 2,300.000 \text{ m}^3/\text{god.}$

S obzirom da je koeficijent otkrivke 1, to je i godišnja proizvodnja rude u tonama jednaka količini jalovine u  $\text{m}^3$ .

Pregled veličina po varijantama potrebnih za izračunavanje ESD prikazuje se u tablici 1.

Iz tablice 1 se vidi da optimalnu veličinu godišnje proizvodnje treba tražiti u kapacitetu



Sl. 3 – Dijagram troškova u f – ji količine proizvodnje  
 1 – troškovi rada; 2 – troškovi materijala; 3 – troškovi sredstava; 4 – ukupni troškovi.

Godišnja proizvodnja je tretirana varijantno u četiri veličine. One su tako izabrane da kapacitet

iznad  $2,300.000 \text{ t/god.}$ , jer tek u tom slučaju javlja se pozitivna razlika između vrednosti rude i ukupnih troškova, što se može videti i iz dijagrama na slici 3. Ovo znači da kod traženja optimalnog godišnjeg kapaciteta treba uvesti ograničavajući i

<sup>\*)</sup> M. Perišić – „Programiranje i optimiranje u rудarstvu“

Tablica 1

Jed. mere	Varijanta				IV
	I	II	III		
Veličina bagerske kašike	m <sup>3</sup>	4,6	7,65	11,5	4,6 + 7,65
Godišnji kapacitet rudnika	t	900.000	1.700.000	2.300.000	2.600.000
Potrebna ulaganja	din	295.411.940	533.374.330	705.281.000	785.596.000
Troškovi rada	din	34,94	18,50	14,46	15,27
Troškovi materijala	din	56,87	48,24	49,08	47,54
Troškovi sredstava	din	95,24	86,69	82,21	80,63
Ukupni troškovi	din	187,95	153,43	145,75	143,44
Vrednost rude	din	150	150	150	150
Broj radnika		278	278	294	351
Prosečni bruto mesečni lični dohodak po radniku	din	9.425	9.425	9.425	9.425

odlučujući uslov da vrednost rude bude najmanje jednaka ukupnim troškovima, odnosno ceni koštanja.

Elastična stopa dobiti sračunata za već navedene uslove, a za povećanje proizvodnje od 2.300.000 t/god. na 2.600.000 t/god., po ranije navedenom obrascu iznosi:

Korlače, od kojih su dve (900.000 i 1.700.000 t/godišnje) isključene iz dalje analize, jer se njima ostvaruju veći troškovi proizvodnje rude od prodajne cene te separacije.

Najniža proizvodnja koja pokriva sve troškove nalazi se u tački A na dijagramu troškova slike 3 i iznosi 1.790.000 t/godišnje.

$$\text{ESD} = \frac{\frac{[150 - (15,27 + 47,54 + 80,63)] \times 2.600.000}{785.596.000} - \frac{[150 - (14,46 + 49,08 + 82,21)] \times 2.300.000}{705.281.000}}{\frac{150 - (14,46 + 49,08 + 82,21)}{705.281.000} \times 2.300}$$

$$\text{ESD} = 1,15$$

Kako je  $\text{ESD} > 1$ , to se od ova dva kapaciteta bira kapacitet od 2.600.000 t/godišnje. Sa ovim kapacitetom eksploracija bi iznosila 15,9 godina.

Najveća dobit je pri najvećoj proizvodnji i ako se uzme ograničavajući faktor, vek eksploracije od 15 godina, tada treba usvojiti kapacitet od

$$\frac{41.505.600}{15} = 2.770.000 \text{ t/god.}$$

jer se optimalni kapacitet pri datim uslovima nalazi van zone ograničene vekom eksploracije.

#### Zaključak

U okviru optimizacije tretirane su četiri varijante kapaciteta eksploracije ležišta azbesta

Ukoliko se daljim istražnim radovima dokazuće veće rezerve, koje bi omogućile da se vek eksploracije produži, opravdana bi bila analiza novih varijanti kapaciteta iz kojih bi se izabralo optimalni kapacitet.

#### SUMMARY

#### Contribution to the Selection of Production Rate for Asbestos Mine Korlače

In the framework of optimization, four variants were processed regarding the rate of asbestos deposit Korlače mining, of which two were eliminated because they yield higher ore production costs than the selling prices from the same separation plant.

The highest profit is at highest production, and if a limiting factor is applies, namely mining life of 15 years, the capacity of 2,770,000 t/year should be accepted.

If subsequent exploration works result in larger proved reserves enabling a longer mine life, an analysis of new capacity variants in order to select the optimum one would be justified.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Beitrag zur Bestimmung der Produktionshöhe für die Asbestgrube Korlače

Im Optimierungsrahmen wurden vier Varianten der Produktionskapazität der Asbestlagerstätte Korlače behandelt, von welchen zwei aus der Analyse ausgeschlossen wurden, weil durch höhere Erzproduktionskosten vom Verkaufspreis derselben Aufbereitungsanlage gebildet werden.

Der grösste Gewinn ist bei der grössten Produktion und wenn der beschränkende Faktor angenommen wird, eine Gewinnungsdauer von 15 Jahren, dann soll die Produktionshöhe 2.770.000 t/a betragen.

Sollten durch weitere Erkundungsarbeiten grössere Vorräte nachgewiesen werden, die eine Verlängerung der Gewinnungszeitdauer ermöglichen, dann wäre eine Analyse neuer Varianten der Produktionskapazität berechtigt, ausser der die optimale Kapazität ausgewählt werden würde.

## РЕЗЮМЕ

### Вклад и решению проблемы выбора объема добычи для рудника асбеста Корлаче

В рамках оптимизации разработано четыре варианта производительности при разработке месторождения асбеста Корлаче, из которых два варианта отброшены для дальнейшего анализа так как в этих вариантах производственные затраты на добычу руды превосходят продажную цену сепараторной установки.

Самый большой доход получается при самой большой производительности и если установить фактор ограничения, то срок эксплуатации длительностью в 15 лет, обуславливает производительность в 2,770.000 т/год.

В случае, если дальнейшие разведочные работы докажут существование более крупных запасов, предоставляющих возможность продления срока эксплуатации, было бы необходимо провести анализ новых вариантов производительности на основании которых бы определилась оптимальная производительность.

## Literatura

1. Joksimović, D., 1979: Izveštaj o rezultatima regionalnih istraživanja azbesta u široj okolini ležišta Korlače.
2. Perišić, M., 1973: Programiranje i optimiranje u rудarstvu.
3. Tanasićević, D., Radenković, Č., 1980: Studija optimalne eksploatacije azbestne rude iz ležišta Korlače.

Autor: dipl.inž. Dobrivoje Tanasićević, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. Đ. Marunić, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 14.4.81, prihvaćen 12.5.81. god.

UDK 622.831.3.001.5  
Primenjeni rad

## DIREKTNO OČITAVANJE PRITISAKA U PODZEMNIM PROSTORIJAMA POMOĆU NOMOGrama U CILJU ODREĐIVANJA ODGOVARAJUĆE PODGRADE

(sa 19 slika)

Doc. dr.inž. R a t o m i r D ž o d ić

### Uvod

Određivanje podzemnih pritisaka na konturi jamskih prostorija, kao po pravilu, vrši se proračunima pre, a merenjem posle njihove izrade. Svi proračuni zasnivaju se (bez obzira na primjenjenu metodu) na velikom broju promenljivih veličina u samim jednačinama i obrascima. Kako se podzemni radovi izvode u sredinama koje se karakterišu nehomogenošću, anizotropnošću i drugim faktorima, to je jasno da se i ti promenljivi parametri u jednačinama i obrascima ne odlikuju stalnošću svojih veličina, već izrazitom promenljivošću. Zato se pri projektovanju obično računa sa prognoznim pritiscima i rade dodatna projektna rešenja (aneksi), naročito za proračun pritiska i u zavisnosti od istog – podgrade podzemne prostorije. To – za sobom neminovno ima i ekonomski reperkusije, jer se radi o vremenu i troškovima izrade, pre svega investicionih objekata. U rudarskoj nauci postoje brojna rešenja, starija i savremenija, za pojedinačne proračune podzemnih pritisaka. Međutim, čim se promene uslovi izrade jamskih objekata (fizičko-mehaničke osobine i geometrijske veličine), ne postoji izrađen sistem brzog određivanja jamskog pritiska u svakom konkretnom slučaju. Razume se, ove promene menjaju i organizaciju rada, obim i vrstu podgrade itd.

U tom cilju, rudarskim stručnjacima se ovim radom, kroz preko dve hiljade rešenih problema, prezentiraju tablice i na osnovu njih konstruisani nomogrami za direktno očitavanje podzemnih

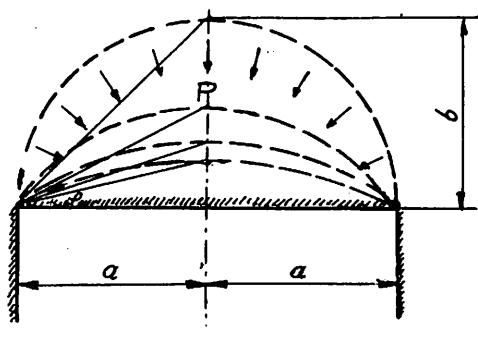
pritisaka u različitim uslovima. Svaki problem ponaosob rešen je poznatim postupcima, obrađenim u knjizi M.A. Kobliške „Opšti rudarski radovi“, II izdanje. Originalnost i vrednost ovog rada, sadržana je gotovo u sveobuhvatnosti ovog problema, njegovoj analitičkoj i grafičkoj interpretaciji i najzad, u pristupačnosti za stručnjake različitih nivoa.

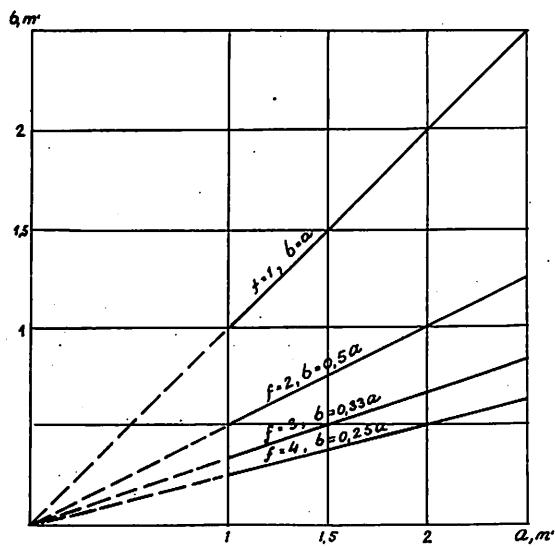
### Određivanje pritiska na horizontalne jamske prostorije

#### Metoda M.M. Protodjakonova

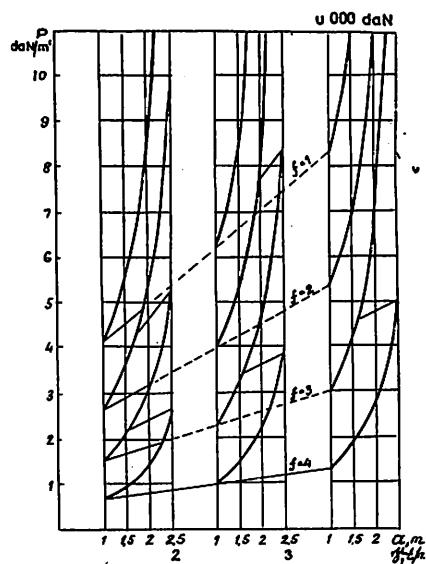
##### Uslovi primene:

- koeficijent čvrstoće stena  $f = 1, 2, 3 \text{ i } 4$
- gustina stenskog masiva  $y = 2, 3 \text{ i } 4 \text{ t/m}^3$
- polovina širine prostorije  $a = 1; 1,5; 2; \text{ i } 2,5 \text{ m}$





SI. 2.



SI. 3.

$f^a$  1,00 1,50 2,00 2,50

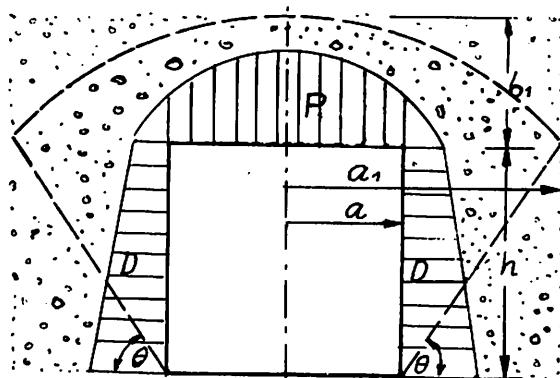
Tablica 1  
u 000 daN

	visina svoda prirodne ravnот. a/x				$P_1 = 1,33 Y_1 a^2 / f$ , daN/m'				$P_2 = 1,33 Y_2 a^2 / f$ , daN/m'				$P_3 = 1,33 Y_3 a^2 / f$ , daN/m'			
1	1,00	1,50	2,00	2,50	2,66	6,00	10,64	16,66	4,00	9,00	16,00	25,00	5,33	12,00	21,28	33,28
2	0,50	0,75	1,00	1,25	1,33	3,00	5,32	8,33	2,00	4,50	8,00	12,50	2,67	6,00	10,64	16,64
3	0,33	0,50	0,67	0,83	0,89	2,00	3,55	5,55	1,33	3,00	5,00	8,32	1,80	4,00	7,09	11,09
4	0,25	0,38	0,50	0,63	0,64	1,50	2,63	4,16	1,00	2,25	4,00	6,25	1,33	3,00	5,33	8,32

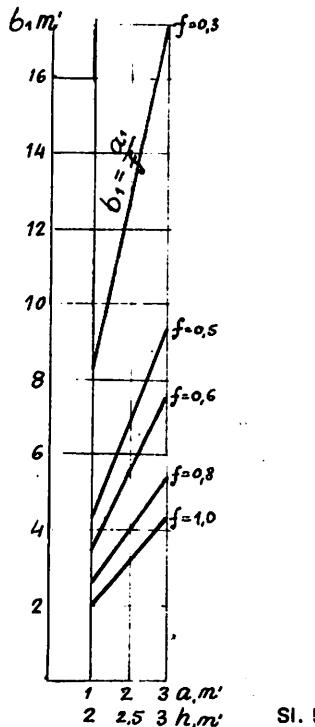
### Metoda prof. Cimbarevića

Uslovi primene:

- koeficijent čvrstoće stena  $f = 1, 0,8, 0,6, 0,5 \text{ i } 0,3$
- gustina stenskog masiva  $y = 2,3 \text{ i } 4 \text{ t/m}^3$
- polovina širine prostorije  $a = 1; 1,5; 2 \text{ i } 2,5 \text{ m}$
- visina prostorije  $h = 2, 2,3; 2,5; 2,8 \text{ i } 3 \text{ m}$



SI. 4.



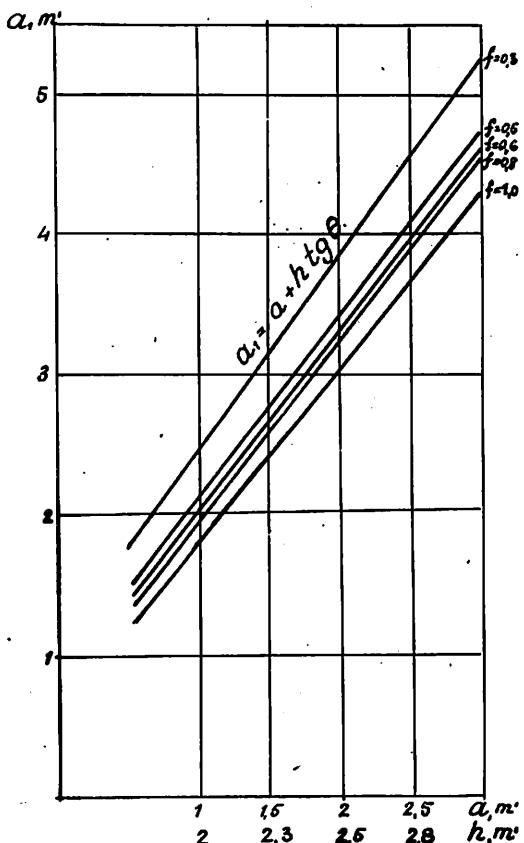
SI. 5

Tablica 2

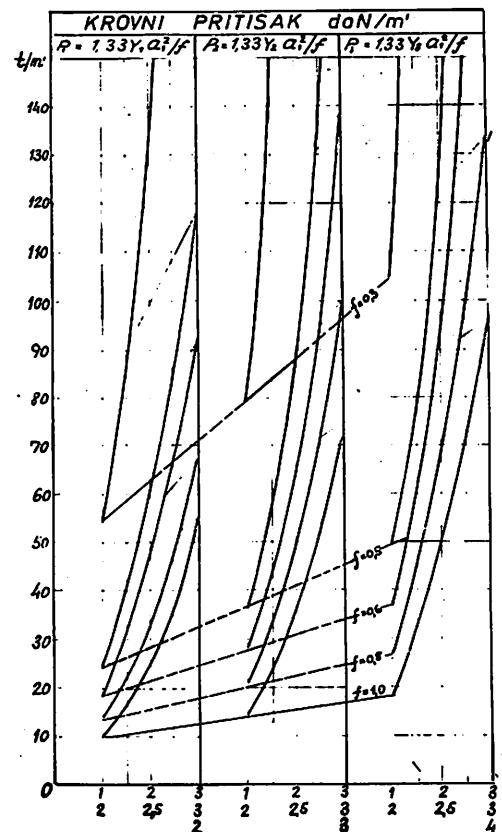
$f$	$\varphi$	$\theta$	$\operatorname{tg}\theta$	$a_1 = a + h \operatorname{tg}\theta, \text{m}'$	$b_1 = a_1/f, \text{m}'$	$(2b_1 + h) h, \text{m}$
1	45	22,5	0,41	1,81	2,00	2,14
0,8	39	26,5	0,50	2,60	2,70	2,81
0,6	35	27,5	0,52	3,03	3,25	3,42
0,5	31	29,5	0,57	3,65	3,90	3,95
0,3	17	36,5	0,74	4,24	4,50	4,56

Tablica 2a  
u 000 daN

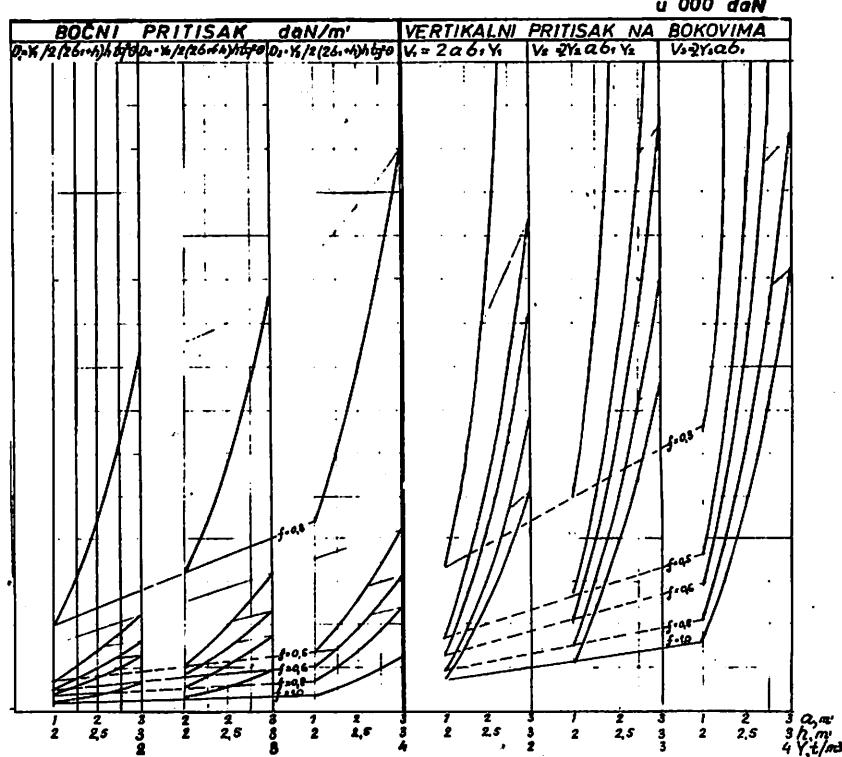
Krovni pritisak	Bočni pritisak			Bočni pritisak na nivou krova			Bočni pritisak na nivou poda		
	$D_1 = Y_1 (2b_1 + h) h \operatorname{tg}^2 \theta / 2$	$D_{k_1} = Y_1 b_1 \operatorname{tg}^2 \theta$	$D_{p_1} = Y_1 (b_1 + h) \operatorname{tg}^2 \theta$	$D_2 = Y_2 (2b_1 + h) h \operatorname{tg}^2 \theta / 2$	$D_{k_2} = Y_2 b_1 \operatorname{tg}^2 \theta$	$D_{p_2} = Y_2 (b_1 + h) \operatorname{tg}^2 \theta$	$D_3 = Y_3 (2b_1 + h) h \operatorname{tg}^2 \theta / 2$	$D_{k_3} = Y_3 b_1 \operatorname{tg}^2 \theta$	$D_{p_3} = Y_3 (b_1 + h) \operatorname{tg}^2 \theta$
$P_1 = 1,33 Y_1 a_1^2 / f_1 \text{ daN/m}'$									
8,70	13,30	18,44	26,35	54,43	1,91	3,50	4,92	6,76	20,35
16,36	23,39	31,83	42,01	90,66	2,93	5,12	7,28	9,96	35,34
24,42	35,10	48,28	62,20	131,28	3,63	6,64	9,45	12,95	38,69
35,44	42,30	69,36	97,62	209,42	4,80	8,61	12,54	17,74	54,20
54,27	66,51	92,20	118,42	241,58	5,85	11,76	15,29	21,64	85,05
$P_2 = 1,33 Y_2 a_1^2 / f_1 \text{ daN/m}'$									
13,07	19,96	27,68	36,55	81,64	2,96	5,25	7,39	10,14	30,52
26,96	34,93	48,49	63,00	135,97	4,39	7,68	10,92	14,95	53,01
36,78	52,65	72,27	93,33	196,93	5,45	9,96	14,18	19,43	58,04
53,14	73,90	94,56	134,15	314,15	7,21	12,92	18,82	25,80	81,31
71,74	99,81	138,26	177,80	337,42	8,78	17,66	22,93	31,51	93,56
$P_3 = 1,33 Y_3 a_1^2 / f_1 \text{ daN/m}'$									
17,43	26,60	36,90	48,72	108,84	3,82	7,00	9,86	13,52	40,70
35,96	45,53	64,64	81,47	181,31	5,86	10,23	14,55	19,93	70,70
45,81	70,20	96,56	124,45	262,57	7,28	13,28	18,90	25,91	77,39
70,88	98,55	138,68	178,84	418,83	9,62	17,22	25,10	34,41	108,42
95,65	133,11	184,36	237,03	483,22	11,71	23,55	30,58	42,01	124,74



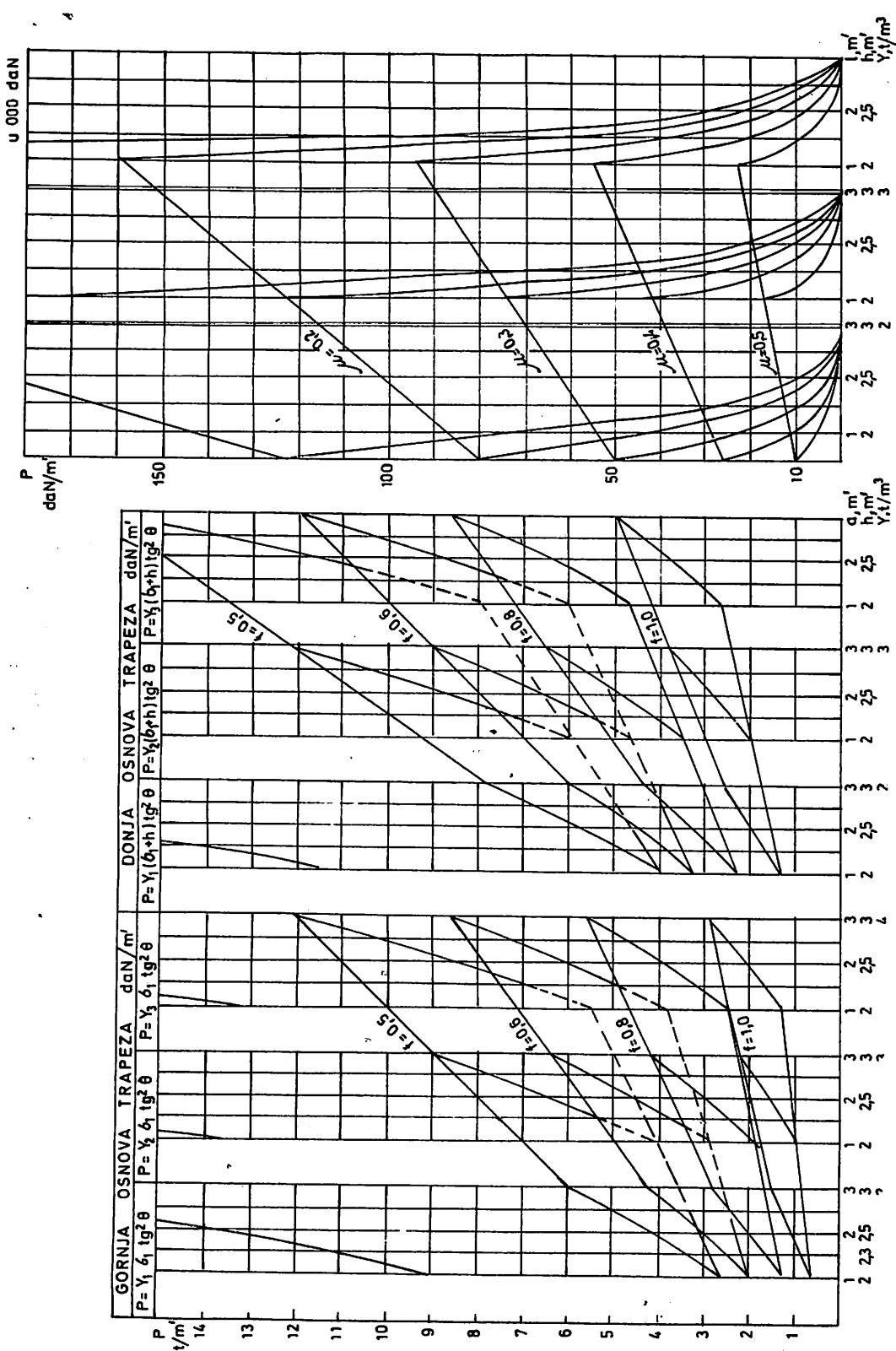
Sl. 6.



Sl. 7



Nastavak sl. 7



$\eta_a^2$	3,14	7,06	12,60	19,60	28,40
$\frac{1-2\mu}{4\mu}$	$K = \pi a^2 / (1 - 2\mu/4\mu)$				
2,00	6,28	14,12	25,20	40,20	56,80
0,75	2,36	5,30	9,45	14,70	21,40
0,33	1,04	2,33	4,16	6,46	9,36
0,125	0,39	0,88	1,57	2,45	3,50

Tablica 3  
u 000 daN

*Metoda prof. Salustovića*

Uslovi primene:

- Poasonov koeficijent  $\mu = 0,1, 0,2, 0,3$  i  $0,4$
- gustina stenskog masiva  $y = 2,3$  i  $4 \text{ t/m}^3$
- polovina širine prostorije  $a = 1; 1,5; 2, 2,5$  i  $3 \text{ m}$
- visina prostorije  $h = 1; 2,3; 2,5; 2,8$  i  $3 \text{ m}$

*Metoda prof. Labasa*

Uslovi primene:

- koeficijent čvrstoće stena  $f = 1; 0,8; 0,6; 0,5$  i  $0,3$
- gustina stenskog masiva  $y = 2,3$  i  $4 \text{ t/m}^3$
- dubina prostorije  $H = 100, 200, 300, 400$  i  $500 \text{ m}$
- poluprečnik hodnika  $R = 1,75 \text{ pre i } R_1 = 1,6 \text{ m posle popuštanja podgrade.}$

Tablica 4  
u 000 daN

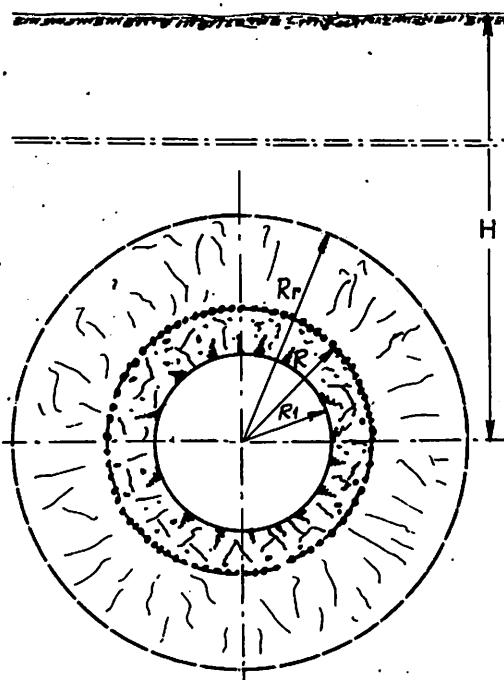
$f$	1,0	0,8	0,6	0,5	0,3
$\varphi_0$	45	39	35	31	17
$\sin \varphi$	0,71	0,63	0,57	0,52	0,29
$2 \sin \varphi$	1,42	1,26	1,14	1,04	0,58
$1 - \sin \varphi$	0,29	0,37	0,43	0,48	0,71
$n$	4,86	3,42	2,67	2,16	0,82
$H, m'$	$P_{1i} = (1 - \sin \varphi) Y_1 H K_i^R, \text{ daN/m}^2$				
100	4,64	12,56	25,80	43,20	68,20
200	9,28	25,12	51,60	86,40	136,40
300	13,92	37,68	77,40	129,60	204,60
400	18,56	50,24	103,20	172,80	272,80
500	23,20	62,80	128,00	216,00	340,00
$H, m'$	$P_{2i} = (1 - \sin \varphi) Y_2 H K_i^R, \text{ daN/m}^2$				
100	6,96	18,87	38,70	65,00	102,50
200	13,92	37,74	77,40	130,00	205,00
300	20,88	56,61	116,10	195,00	307,50
400	28,84	75,48	154,80	260,00	410,00
500	35,80	94,35	193,50	325,00	512,50
$H, m'$	$P_{3i} = (1 - \sin \varphi) Y_3 H K_i^R, \text{ daN/m}^2$				
100	9,28	44,40	51,60	86,60	136,40
200	18,56	88,80	103,20	173,20	272,80
300	27,84	133,20	154,80	259,80	408,20
400	37,12	177,60	206,40	346,40	544,60
500	46,40	222,00	258,00	433,00	681,00

U tablici 4:

$$K_{1-5} = \left( \frac{R}{3,16 \sqrt{1,1R^2 - R_1^2}} \right)^n;$$

$$K_1 = 0,08; \quad K_2 = 0,17; \quad K_3 = 0,30$$

$$K_4 = 0,45 \text{ i } K_5 = 0,48$$

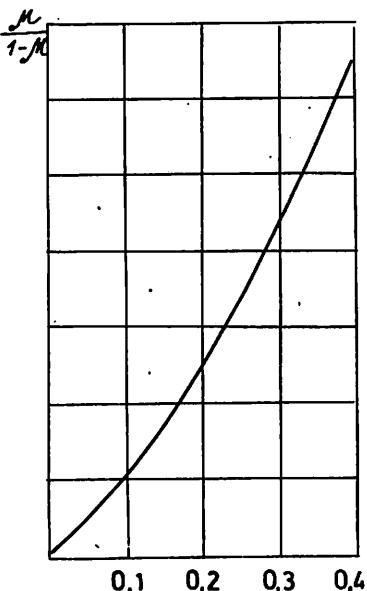


Sl. 10.

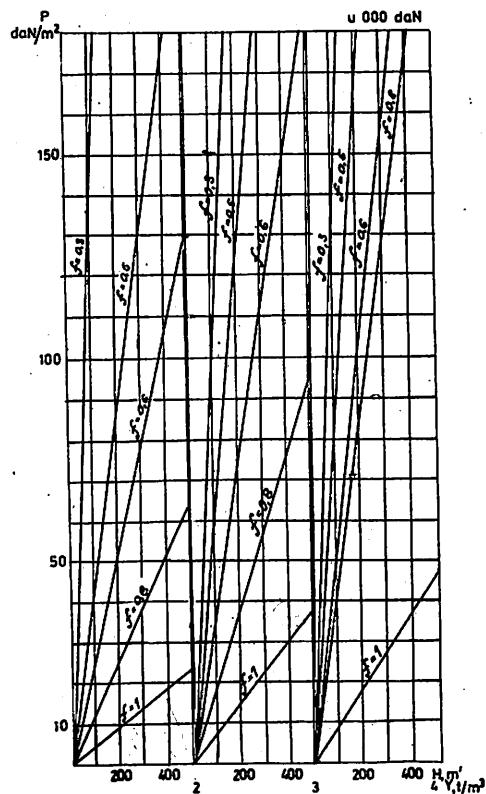
*Metoda Dinića i dr.*

Uslovi primene:

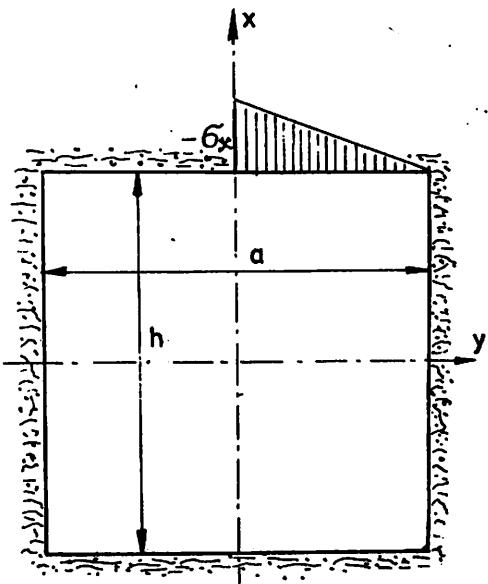
- Poasonov koeficijent  $\mu = 0,1; 0,2; 0,3$  i  $0,4$
- gustina stenskog masiva  $y = 2,3$  i  $4 \text{ t/m}^3$
- odnos visine prema polovini širine prostorije  $h : a = 1 : 1, 1 : 3, i 1 : 5$
- koeficijent prednjeg odnosa  $\beta = 0,84, 1,53$  i  $2,00$
- dubina prostorije  $H = 100, 200, 300, 400$  i  $500 \text{ m}$



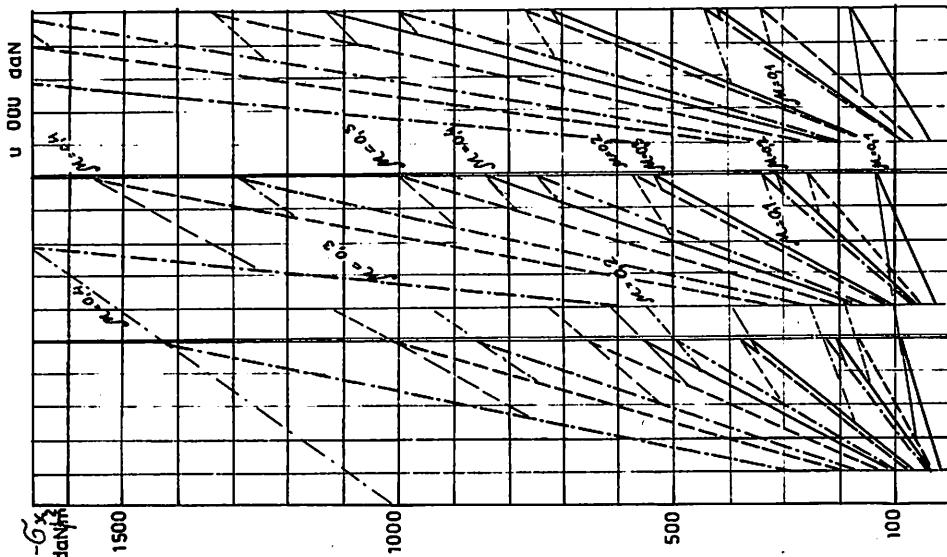
Sl. 12.



Sl. 11.



Sl. 13.



$-\frac{Gx}{Gy}$   
daN/m<sup>2</sup>

1500  
1000  
500  
100

Sl. 14.

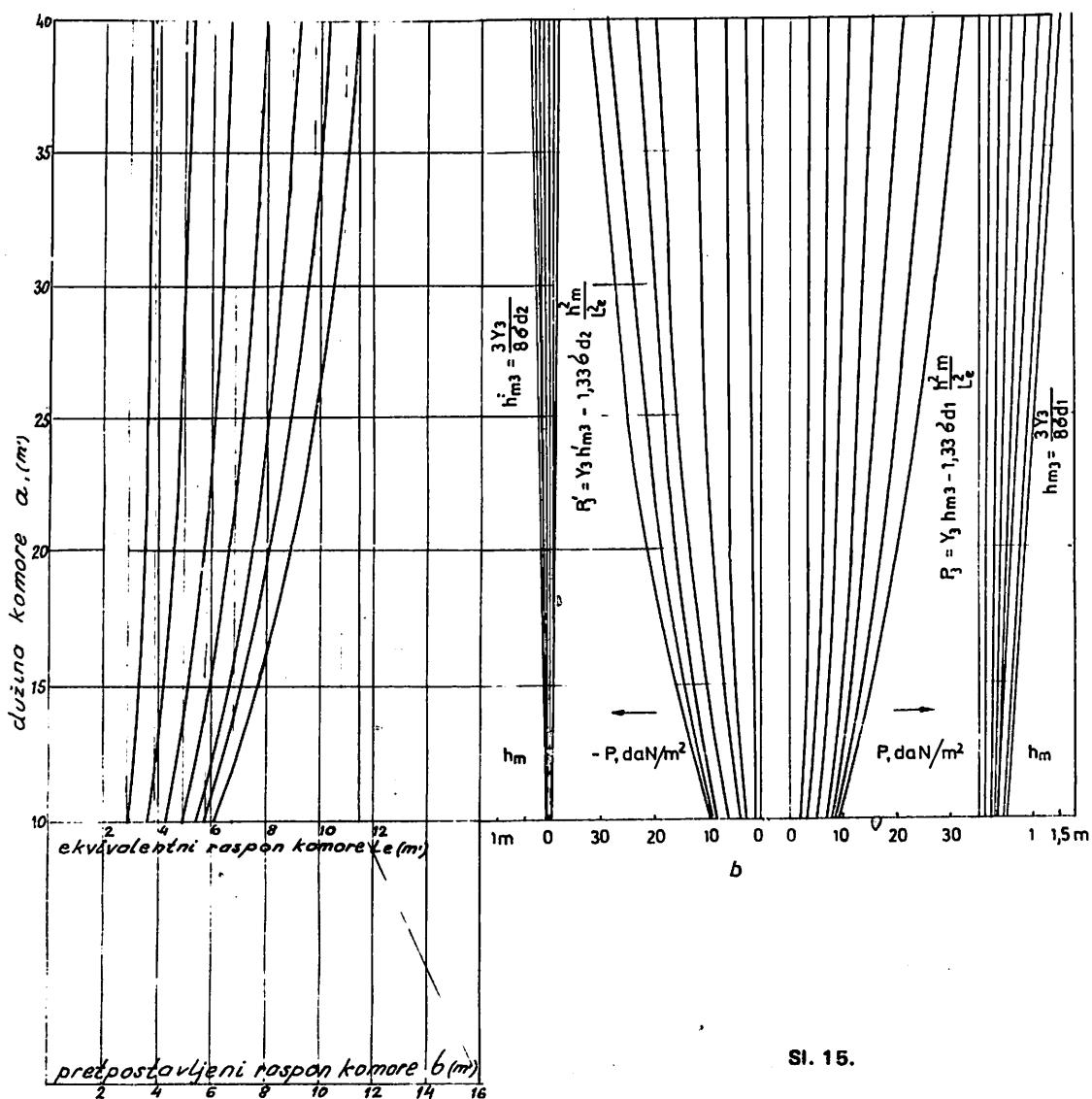
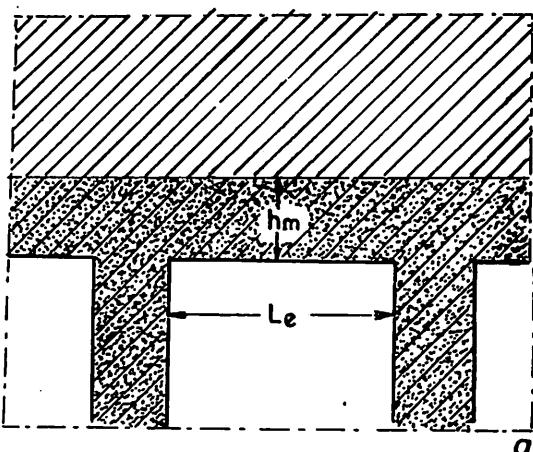
Tablica 5  
u 000 daN

y/H	$\sigma_x = -K \cdot Y_1 H$ , daN/m <sup>2</sup>				
	1 : 1	1 : 3	1 : 5		
$\mu$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4
$K$	0,09	0,21	0,36	0,56	0,71
				0,38	0,66
				0,41	0,72
				0,44	0,76
				0,47	0,79
				0,50	0,82
				0,53	0,85
				0,56	0,88
				0,59	0,91
				0,62	0,94
				0,65	0,97
				0,68	1,00
				0,71	1,03
				0,74	1,06
				0,77	1,09
				0,80	1,12
				0,83	1,15
				0,86	1,18
				0,89	1,21
				0,92	1,24
				0,95	1,27
				0,98	1,30
				1,01	1,33
				1,04	1,36
				1,07	1,39
				1,10	1,42
				1,13	1,45
				1,16	1,48
				1,19	1,51
				1,22	1,54
				1,25	1,57
				1,28	1,60
				1,31	1,63
				1,34	1,66
				1,37	1,69
				1,40	1,72
				1,43	1,75
				1,46	1,78
				1,49	1,81
				1,52	1,84
				1,55	1,87
				1,58	1,90
				1,61	1,93
				1,64	1,96
				1,67	1,99
				1,70	2,02
				1,73	2,05
				1,76	2,08
				1,79	2,11
				1,82	2,14
				1,85	2,17
				1,88	2,20
				1,91	2,23
				1,94	2,26
				1,97	2,29
				2,00	2,32
				2,03	2,35
				2,06	2,38
				2,09	2,41
				2,12	2,44
				2,15	2,47
				2,18	2,50
				2,21	2,53
				2,24	2,56
				2,27	2,59
				2,30	2,62
				2,33	2,65
				2,36	2,68
				2,39	2,71
				2,42	2,74
				2,45	2,77
				2,48	2,80
				2,51	2,83
				2,54	2,86
				2,57	2,89
				2,60	2,92
				2,63	2,95
				2,66	2,98
				2,69	3,01
				2,72	3,04
				2,75	3,07
				2,78	3,10
				2,81	3,13
				2,84	3,16
				2,87	3,19
				2,90	3,22
				2,93	3,25
				2,96	3,28
				2,99	3,31
				3,02	3,34
				3,05	3,37
				3,08	3,40
				3,11	3,43
				3,14	3,46
				3,17	3,49
				3,20	3,52
				3,23	3,55
				3,26	3,58
				3,29	3,61
				3,32	3,64
				3,35	3,67
				3,38	3,70
				3,41	3,73
				3,44	3,76
				3,47	3,79
				3,50	3,82
				3,53	3,85
				3,56	3,88
				3,59	3,91
				3,62	3,94
				3,65	3,97
				3,68	4,00
				3,71	4,03
				3,74	4,06
				3,77	4,09
				3,80	4,12
				3,83	4,15
				3,86	4,18
				3,89	4,21
				3,92	4,24
				3,95	4,27
				3,98	4,30
				4,01	4,33
				4,04	4,36
				4,07	4,39
				4,10	4,42
				4,13	4,45
				4,16	4,48
				4,19	4,51
				4,22	4,54
				4,25	4,57
				4,28	4,60
				4,31	4,63
				4,34	4,66
				4,37	4,69
				4,40	4,72
				4,43	4,75
				4,46	4,78
				4,49	4,81
				4,52	4,84
				4,55	4,87
				4,58	4,90
				4,61	4,93
				4,64	4,96
				4,67	4,99
				4,70	5,02
				4,73	5,05
				4,76	5,08
				4,79	5,11
				4,82	5,14
				4,85	5,17
				4,88	5,20
				4,91	5,23
				4,94	5,26
				4,97	5,29
				5,00	5,32
				5,03	5,35
				5,06	5,38
				5,09	5,41
				5,12	5,44
				5,15	5,47
				5,18	5,50
				5,21	5,53
				5,24	5,56
				5,27	5,59
				5,30	5,62
				5,33	5,65
				5,36	5,68
				5,39	5,71
				5,42	5,74
				5,45	5,77
				5,48	5,80
				5,51	5,83
				5,54	5,86
				5,57	5,89
				5,60	5,92
				5,63	5,95
				5,66	5,98
				5,69	6,01
				5,72	6,04
				5,75	6,07
				5,78	6,10
				5,81	6,13
				5,84	6,16
				5,87	6,19
				5,90	6,22
				5,93	6,25
				5,96	6,28
				5,99	6,31
				6,02	6,34
				6,05	6,37
				6,08	6,40
				6,11	6,43
				6,14	6,46
				6,17	6,49
				6,20	6,52
				6,23	6,55
				6,26	6,58
				6,29	6,61
				6,32	6,64
				6,35	6,67
				6,38	6,70
				6,41	6,73
				6,44	6,76
				6,47	6,79
				6,50	6,82
				6,53	6,85
				6,56	6,88
				6,59	6,91
				6,62	6,94
				6,65	6,97
				6,68	7,00
				6,71	7,03
				6,74	7,06
				6,77	7,09
				6,80	7,12
				6,83	7,15
				6,86	7,18
				6,89	7,21
				6,92	7,24
				6,95	7,27
				6,98	7,30
				7,01	7,33
				7,04	7,36
				7,07	7,39
				7,10	7,42
				7,13	7,45
				7,16	7,48
				7,19	7,51
				7,22	7,54
				7,25	7,57
				7,28	7,60
				7,31	7,63
				7,34	7,66
				7,37	7,69
				7,40	7,72
				7,43	7,75
				7,46	7,78
				7,49	8,00
				7,52	8,00
				7,55	8,00
				7,58	8,00
				7,61	8,00
				7,64	8,00
				7,67	8,00
				7,70	8,00
				7,73	8,00
				7,76	8,00
				7,79	8,00
				7,82	8,00
				7,85	8,00
				7,88	8,00
				7,91	8,00
				7,94	8,00
				7,97	8,00
				8,00	8,00
				8,03	8,00
				8,06	8,00
				8,09	8,00
				8,12	8,00
				8,15	8,00
				8,18	8,00
				8,21	8,00
				8,24	8,00
				8,27	8,00
				8,30	8,00
				8,33	8,00
				8,36	8,00
				8,39	8,00
				8,42	8,00
				8,45	8,00
				8,48	8,00
				8,51	8,00
				8,54	8,00
				8,57	8,00
				8,60	8,00
				8,63	8,00
				8,66	8,00
				8,69	8,00
				8,72	8,00
				8,75</	

**Metoda V.D. Slesareva**

**Uslovi primene:**

- dužina krova podzemne prostorije  $a = 10, 15, 20, 25, 30, 35$  i  $40\text{ m}$
- širina krova podzemne prostorije  $b = 4, 6, 8, 10, 12, 14$  i  $16\text{ m}$
- dubina krova podzemne prostorije  $H = 100, 150, 200, 250, 300, 350$  i  $500\text{ m}$
- prekidna čvrstoća stenskog materijala  $\sigma_i = 30, 100$  i  $500\text{ }10\text{kN/m}^2$
- koeficijent sigurnosti  $K = 2,5$



Sl. 15.

— dopušteno naprezanje na kidanje

$$\sigma_d = \sigma_i : K$$

$$\sigma_d = 12, 40 \text{ i } 200 \text{ } 10\text{kN/m}^2$$

— gustina stenskog masiva  $Y = 2,3 \text{ i } 4 \text{ t/m}^3$

N a p o m e n a: Ovde je razrađen postupak određivanja moći nosećeg dela plafona — krova, kao i pritisaka kada su unapred određeni rasponi —

širina i dužina prostorije. V.D. Slesarev razradio je detaljno obrnut postupak, tj. određivanje raspona podzemnih prostorija u zavisnosti od moći neposredno noseće krovine. Ovaj postupak odnosi se, pre svega, na slojevita i blago nagnuta ležišta. Detaljno je obrađen u knjizi B. Gluščevića — „Otvaranje i metode podzemnog otkopavanja“.

Tablica 6

a	10	15	20	25	30	35	40	$L_e = (a \times b) : (a + b)$						
b	a × b													
4	40	60	80	100	120	140	160	2,86	3,75	4,44	5,00	5,48	5,83	6,16
6	60	90	120	150	180	210	240	3,16	4,28	5,22	6,00	6,46	7,24	7,75
8	80	120	160	200	240	280	320	3,33	4,62	5,72	6,66	7,50	8,24	8,88
10	100	150	200	250	300	350	400	3,45	4,84	6,06	7,15	8,12	8,97	9,76
12	120	180	240	300	360	420	480	3,53	5,00	6,48	7,50	8,57	9,54	10,40
14	140	210	280	350	420	490	560	3,59	5,12	6,52	7,78	8,93	10,00	10,98
16	160	240	320	400	480	560	640	3,63	5,22	6,66	8,00	9,23	10,30	11,42
a + b								L						
14	16	18	20	22	24	26	28	8,18	14,06	19,71	25,00	30,03	33,99	37,95
19	21	23	25	27	29	31	33	9,98	18,32	27,25	36,00	44,36	52,42	60,06
24	26	28	30	32	34	36	38	11,09	21,34	32,72	44,36	56,25	67,90	78,85
29	31	33	35	37	39	41	43	11,90	23,43	36,72	51,12	65,93	80,46	95,26
34	36	38	40	42	44	46	48	12,46	25,00	41,99	56,25	73,44	91,01	108,16
39	41	43	45	47	49	51	53	12,89	26,21	42,51	60,53	79,74	100,00	109,21
44	46	48	50	52	54	56	58	13,18	27,25	44,36	64,00	85,19	103,06	114,30

Tablica 6a

$hm = (3Y_1 : 8 \sigma d_1) l_\theta^2, m'$							$hm = (3Y_1 : 8 \sigma d_2) l_\theta^2, m'$							$hm = (3Y_1 : 8 \sigma d_3) l_\theta^2, m'$						
3,49	0,84	1,18	1,50	1,80	2,04	2,27	0,41	0,70	0,98	1,25	1,52	1,70	1,89	0,30	0,6	0,8	0,9	1,2	1,4	1,5
0,60	1,10	1,63	2,18	2,68	3,14	3,64	0,50	0,91	1,36	1,80	2,22	2,62	3,01	0,40	0,7	1,0	1,3	1,8	2,1	2,4
0,67	1,28	1,96	2,68	3,38	4,08	4,72	0,56	1,06	1,63	2,22	2,81	3,40	3,89	0,40	0,9	1,3	1,8	2,3	2,8	3,2
0,71	1,41	2,20	3,07	3,96	4,81	5,72	0,60	1,17	1,83	2,56	3,30	4,02	4,76	0,50	0,9	1,5	2,0	2,6	3,4	3,8
0,75	1,50	2,52	3,36	4,40	5,46	6,60	0,62	1,25	2,10	2,81	3,67	4,55	5,40	0,50	1,0	1,7	2,4	3,0	3,6	4,3
0,78	1,58	2,54	3,64	4,80	6,00	6,78	0,64	1,31	2,13	3,10	3,98	5,00	5,46	0,51	1,0	1,7	2,4	3,2	4,0	4,4
0,79	1,63	2,66	3,84	5,10	6,20	6,85	0,66	1,36	2,22	3,20	4,26	5,15	5,70	0,52	1,0	1,7	2,5	3,4	4,1	4,6
$hm = (3Y_2 : 8 \sigma d_1) l_\theta^2, m'$							$hm = (3Y_2 : 8 \sigma d_2) l_\theta^2, m'$							$hm = (3Y_2 : 8 \sigma d_3) l_\theta^2, m'$						
0,8	1,4	2,0	2,5	3,0	4,40	4,8	0,24	0,42	0,59	0,75	0,90	1,02	1,14	0,5	0,8	1,2	1,5	1,8	2,0	2,3
1,0	1,8	2,7	3,6	4,4	5,20	6,0	0,30	0,55	0,82	1,08	1,33	1,63	1,81	0,6	1,1	1,6	2,2	2,7	3,1	3,6
1,1	2,1	3,3	4,4	5,6	6,8	7,9	0,33	0,62	0,98	1,33	1,69	2,04	2,37	0,7	1,3	2,0	2,7	3,4	4,1	4,7
1,2	2,3	3,7	5,1	6,6	8,0	9,5	0,36	0,70	1,10	1,53	1,98	2,48	2,86	0,7	1,4	2,2	3,1	4,0	4,8	5,7
1,2	2,5	4,2	5,6	7,4	9,1	10,8	0,38	0,75	1,26	1,69	2,20	2,73	3,24	0,8	1,5	2,5	3,4	4,4	5,5	6,6
1,3	2,6	4,3	6,1	8,0	10,0	10,9	0,39	0,79	1,28	1,82	2,40	3,00	3,28	0,8	1,6	2,6	3,6	4,8	6,0	6,7
1,3	2,7	4,4	6,4	8,5	10,3	11,4	0,40	0,82	1,33	1,92	2,56	3,10	4,42	0,8	1,6	2,7	3,8	5,1	6,2	6,9
$hm = (3Y_3 : 8 \sigma d_1) l_\theta^2, m'$							$hm = (3Y_3 : 8 \sigma d_2) l_\theta^2, m'$							$hm = (3Y_3 : 8 \sigma d_3) l_\theta^2, m'$						
1,00	1,8	2,5	3,3	4,0	4,4	4,9	0,33	0,56	0,79	1,00	1,20	1,35	1,52	0,6	1,1	1,6	2,0	2,4	2,7	3,0
1,3	2,3	3,5	4,7	5,8	6,8	7,8	0,40	0,73	1,09	1,44	1,77	2,09	2,42	0,9	1,4	2,2	2,5	3,5	4,1	4,8
1,5	2,7	4,2	5,8	7,3	8,8	10,3	0,44	0,85	1,28	1,77	2,25	3,72	3,15	0,9	1,8	2,6	3,5	4,5	5,4	6,3
1,6	3,0	4,8	6,1	8,6	10,4	12,4	0,48	0,94	1,47	2,02	2,64	3,38	3,81	1,0	1,8	2,9	4,1	5,3	6,4	7,6
1,6	3,3	5,5	7,3	9,5	11,8	14,0	0,50	1,00	1,68	2,25	2,94	3,64	4,34	1,0	2,0	3,4	4,5	5,9	7,3	8,7
1,7	3,5	5,6	7,9	10,4	13,0	14,2	0,51	1,05	1,70	2,42	3,19	4,00	4,38	1,0	2,0	3,4	4,8	6,4	8,0	8,8
1,7	3,6	5,8	8,3	11,0	13,4	14,8	0,53	1,09	1,77	2,56	3,40	4,14	4,58	1,1	2,2	3,5	5,1	6,8	8,2	9,1

Tablica 6b

$p = \gamma_1 hm - 1,33 \sigma d_1 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>		$p = \gamma_1 hm - 1,33 \sigma d_2 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>		$p = \gamma_1 hm - 1,33 \sigma d_3 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>																
$p = \gamma_2 hm - 1,33 \sigma d_1 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>		$p = \gamma_2 hm - 1,33 \sigma d_2 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>		$p = \gamma_2 hm - 1,33 \sigma d_3 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>																
$p = \gamma_3 hm - 1,33 \sigma d_1 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>		$p = \gamma_3 hm - 1,33 \sigma d_2 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>		$p = \gamma_3 hm - 1,33 \sigma d_3 (h_m^2/L_e^2)$ , daN/m <sup>2</sup>																
0,50	0,88	1,24	1,56	1,84	2,14	2,30	0,25	0,72	0,71	0,78	1,23	1,40	1,55	0,07	0,12	0,16	0,18	0,24	0,28	0,30
0,56	1,08	1,66	2,28	2,80	3,24	3,76	0,27	0,80	1,01	1,20	1,42	1,68	1,98	0,08	0,14	0,22	0,26	0,36	0,42	0,48
0,70	1,44	2,16	2,80	3,56	4,32	4,98	0,35	0,80	1,01	1,43	1,84	2,26	2,34	0,08	0,18	0,26	0,36	0,46	0,56	0,64
0,78	1,54	2,32	3,26	4,08	5,16	6,00	0,40	0,86	1,14	1,81	1,92	2,64	3,08	0,10	0,18	0,30	0,40	0,52	0,68	0,76
0,78	1,56	2,64	3,52	4,64	5,64	6,80	0,46	0,96	1,40	1,85	2,26	2,70	3,10	0,10	0,20	0,34	0,48	0,60	0,72	0,86
0,78	1,56	2,68	3,72	4,96	6,24	6,84	0,52	1,11	1,50	2,34	2,70	3,35	4,01	0,10	0,20	0,34	0,48	0,64	0,80	0,86
0,79	1,66	2,76	3,98	5,24	6,48	7,14	0,22	1,12	1,68	3,13	4,24	4,33	4,55	0,10	0,20	0,36	0,50	0,68	0,82	0,90
0,24	0,42	0,60	0,69	0,84	1,22	1,28	0,19	0,73	0,78	1,18	1,70	1,46	1,82	0,15	0,24	0,36	0,45	0,54	0,60	0,69
0,30	0,54	0,75	1,02	1,16	1,40	1,74	0,37	1,12	1,39	1,64	1,87	2,23	2,77	0,18	0,33	0,48	0,66	0,81	0,93	1,08
0,33	0,63	0,92	1,20	1,52	1,88	2,21	0,46	1,33	1,34	1,87	2,41	2,92	3,38	0,21	0,39	0,60	0,81	1,02	1,23	1,43
0,36	0,69	1,02	1,30	1,82	2,24	2,71	0,55	1,43	1,77	1,95	3,28	3,50	3,68	0,21	0,42	0,66	0,93	1,20	1,44	1,58
0,36	0,75	1,17	1,34	2,06	2,57	3,06	0,61	1,58	1,85	2,40	3,94	4,00	4,19	0,24	0,45	0,75	1,02	0,32	1,52	1,65
0,39	0,78	1,23	1,52	2,54	2,84	3,17	0,64	1,30	1,86	2,79	4,54	4,20	4,31	0,24	0,48	0,78	1,08	1,44	1,67	1,78
0,39	0,81	1,29	1,61	2,69	2,93	3,28	0,67	1,39	1,87	2,56	4,68	4,97	5,00	0,25	0,49	0,81	1,14	1,50	1,73	1,84
2,08	3,52	4,88	6,80	7,52	8,48	8,80	1,34	3,08	4,96	6,64	8,50	9,24	9,88	0,24	0,44	0,64	0,80	0,96	1,08	1,20
2,48	4,56	6,48	9,04	11,04	13,12	15,20	3,72	5,04	6,88	10,20	11,52	12,90	17,00	0,36	0,56	0,88	1,00	1,40	1,64	1,66
2,80	4,62	7,68	10,94	13,80	16,96	19,60	3,76	6,02	6,95	11,54	14,91	18,40	22,14	0,37	0,72	1,04	1,40	1,80	2,00	2,19
3,04	5,92	9,12	12,72	16,50	20,00	23,40	3,80	6,88	10,12	15,85	18,70	23,70	24,60	0,38	0,76	1,16	1,64	1,90	2,20	2,41
3,04	6,36	10,32	14,00	18,60	22,56	26,80	3,82	6,94	11,93	17,60	20,10	23,00	25,24	0,39	0,80	1,36	1,80	2,13	2,40	2,82
3,04	6,46	10,72	19,20	22,72	25,00	27,36	3,88	6,98	12,15	18,00	20,50	26,40	27,80	0,41	0,86	1,38	1,92	2,20	2,60	2,92
3,05	6,86	10,94	20,24	25,84	27,60	32,96	3,20	6,28	12,57	19,02	21,00	28,64	29,60	0,44	0,88	1,40	2,00	2,28	2,62	2,98

**Određivanje pritisaka na bokovima vertikalnih okana**

— gustina stenskog masiva  $\gamma = 2,3 \text{ i } 4 \text{ t/m}^3$

**Metoda M.M. Protođakonova**

— dubina okna  $H = 100, 150, 200, 250,$

**Uslovi primene:**

— dubina okna  $H = 300, 350, 400, 450 \text{ i } 500 \text{ m}$

— koeficijent čvrstoće stena  $f = 4; 3; 2; 1;$   
 $0,8; 0,6; 0,5 \text{ i } 0,3$

Tablica 7

$f$	4	3	2	1,5	1	0,8	0,6	0,5	0,3
$\varphi$	76	72	63	56	45	39	35	31	17
$\theta$	7	9	13	18	22,5	26,5	27,5	29,5	36,5
$\operatorname{tg}\theta$	0,12	0,16	0,23	0,32	0,41	0,50	0,52	0,57	0,74
$\operatorname{tg}^2\theta$	0,01	0,03	0,05	0,11	0,17	0,25	0,28	0,32	0,55

Tablica 7a  
u 000 daN

H, m'	$H \operatorname{tg}^2\theta$									
	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550
100	1,0	3,0	5,0	11,0	17,0	25,0	28,0	32,0	55,0	
150	1,5	4,5	7,5	16,5	25,5	37,5	42,0	48,0	82,6	
200	2,0	6,0	10,0	22,0	34,0	50,0	56,0	64,0	110,0	
250	2,5	7,5	12,5	27,5	42,5	62,5	70,0	80,0	137,5	
300	3,0	9,0	15,0	33,0	51,0	75,0	84,0	96,0	165,0	
350	3,5	10,5	17,5	38,5	59,5	87,5	98,0	112,0	192,5	
400	4,0	12,0	20,0	44,0	68,0	100,0	112,0	128,0	220,0	
450	4,5	13,5	22,5	49,5	76,5	112,5	126,0	144,0	247,5	
500	5,0	15,0	25,0	55,0	85,0	125,0	140,0	160,0	275,0	

$$P_i = Y_1 H_i \operatorname{tg}^2\theta, \text{ daN/m}^2$$

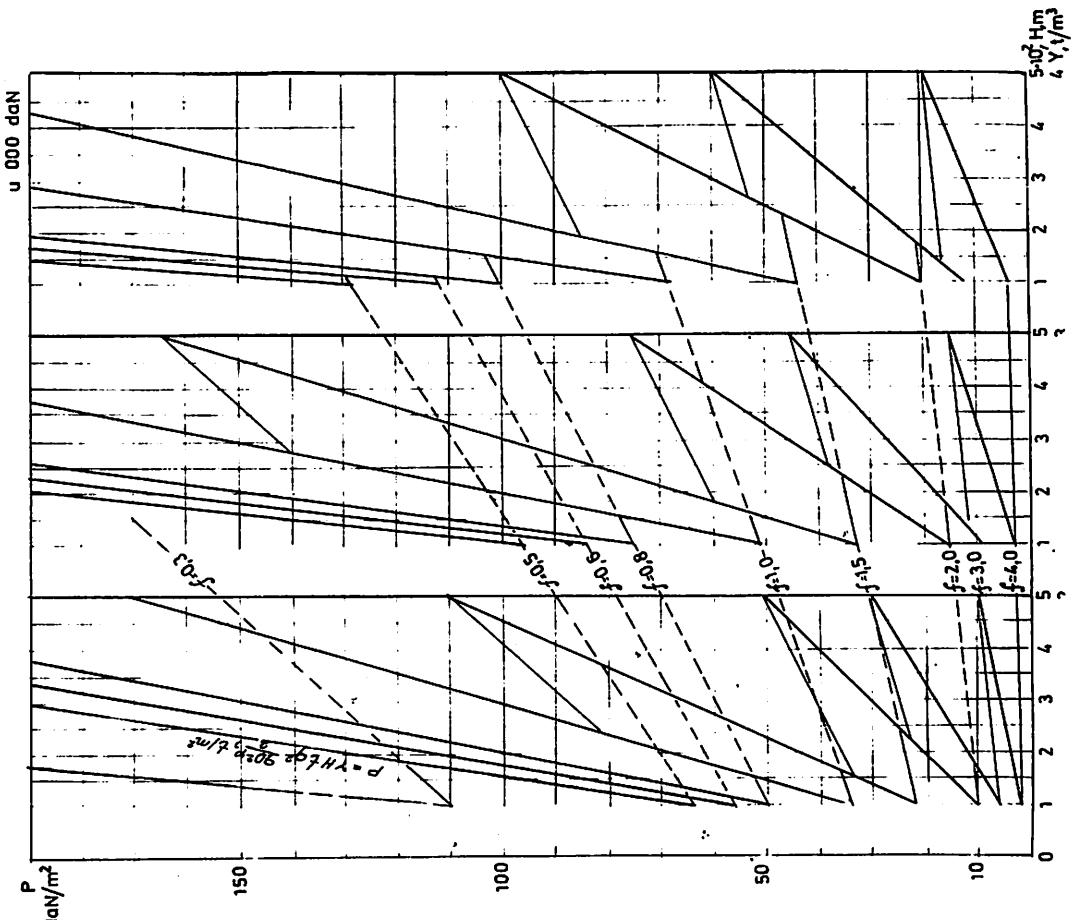
H, m'	$P_i = Y_1 H_i \operatorname{tg}^2\theta, \text{ daN/m}^2$									
	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0
100	6,0	10,0	22,0	34,0	50,0	56,0	64,0	110,0		
150	9,0	15,0	33,0	51,0	75,0	84,0	96,0	165,0		
200	12,0	20,0	44,0	68,0	100,0	112,0	128,0	220,0		
250	15,0	25,0	55,0	85,0	125,0	140,0	160,0	275,0		
300	18,0	30,0	66,0	102,0	150,0	168,0	192,0	330,0		
350	21,0	35,0	77,0	119,0	175,0	196,0	224,0	385,0		
400	24,0	40,0	88,0	136,0	200,0	224,0	256,0	440,0		
450	27,0	45,0	99,0	153,0	225,0	256,0	288,0	495,0		
500	30,0	50,0	110,0	170,0	250,0	280,0	320,0	550,0		

$$P_i = Y_2 \cdot H_i \operatorname{tg}^2\theta, \text{ daN/m}^2$$

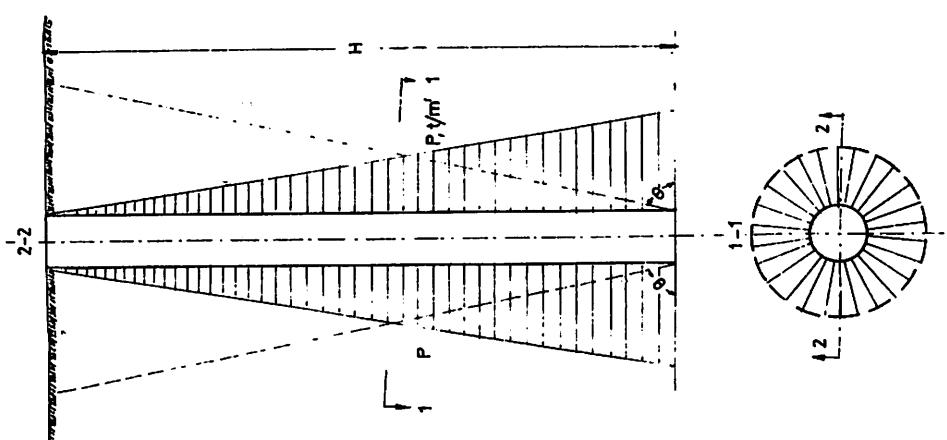
H, m'	$P_i = Y_2 \cdot H_i \operatorname{tg}^2\theta, \text{ daN/m}^2$									
	3,0	4,5	6,0	7,5	9,0	10,5	12,0	13,5	15,0	16,5
100	9,0	15,0	33,0	51,0	75,0	84,0	96,0	165,0		
150	13,5	22,5	49,5	76,5	112,5	126,0	144,0	247,5		
200	18,0	30,0	66,0	102,0	150,0	168,0	192,0	330,0		
250	22,5	37,5	82,5	127,5	187,5	210,0	240,0	412,5		
300	27,0	45,0	99,0	153,0	225,0	252,0	288,0	495,0		
350	31,5	52,5	115,5	178,5	262,5	294,0	336,0	577,5		
400	36,0	60,0	132,0	204,0	300,0	336,0	384,0	660,0		
450	40,5	67,5	148,5	229,5	337,5	378,0	432,0	742,5		
500	45,0	75,0	165,0	255,0	375,0	420,0	480,0	825,0		

$$P_i = Y_3 \cdot H_i \operatorname{tg}^2\theta, \text{ daN/m}^2$$

H, m'	$P_i = Y_3 \cdot H_i \operatorname{tg}^2\theta, \text{ daN/m}^2$									
	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0	14,0	16,0	18,0	20,0	22,0
100	12,0	20,0	44,0	68,0	100,0	112,0	128,0	220,0		
150	18,0	30,0	66,0	102,0	150,0	168,0	192,0	330,0		
200	24,0	40,0	88,0	136,0	200,0	224,0	256,0	440,0		
250	30,0	50,0	110,0	170,0	250,0	280,0	320,0	550,0		
300	36,0	60,0	132,0	204,0	300,0	336,0	384,0	660,0		
350	42,0	70,0	154,0	238,0	350,0	392,0	448,0	770,0		
400	48,0	80,0	176,0	272,0	400,0	448,0	512,0	880,0		
450	54,0	90,0	196,0	306,0	450,0	512,0	576,0	990,0		
500	60,0	100,0	220,0	340,0	500,0	560,0	640,0	1100,0		



Sl. 17.



Sl. 16.

**Metoda proračuna pritisaka i naprezanja u bokovima okna u zavisnosti od držanja stenskog materijala**

Uslovi primene:

- Poasonov broj  $m = 10; 7,5; 5; 3,33$  i  $2,5$
- gustina stenskog masiva  $\gamma = 2,3$  i  $4 \text{ t/m}^3$
- dubina okna  $H = 100, 200, 300, 400$  i  $500 \text{ m}$
- uslov za držanje bokova okna je  $2\sigma_x = \sigma_t = \max < \sigma_p$ , tj. da je maksimalno tangencijalno naprezanje na bokovima okna manje od pritisne čvrstoće stena kroz koje je okno izrađeno.

$2\sigma_x = \sigma_t = \max < \sigma_p$ , tj. da je maksimalno tangencijalno naprezanje na bokovima okna manje od pritisne čvrstoće stena kroz koje je okno izrađeno.

Tablica 8  
u 000 daN

$m$	10	7,5	5	3,33	2,50
$\frac{1}{m-1}$	0,11	0,15	0,25	0,43	0,67
$H_1 m'$					

100	11	15	25	43	67
200	22	30	50	86	134
300	33	45	75	129	201
400	44	60	100	172	268
500	55	75	125	215	335

$$\sigma_t = 20x = 2 \cdot 0,1 Y_1 K \text{ daN/m}^2$$

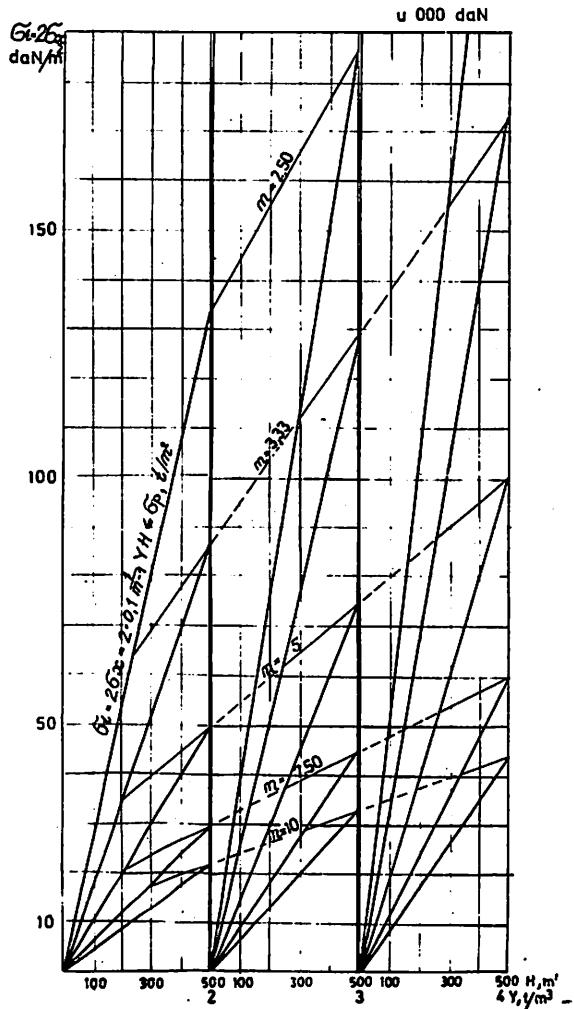
4,40	6	10	17,20	28,80	
8,80	12	20	34,40	53,60	
13,20	18	30	51,60	80,40	
17,60	24	40	68,80	107,20	
22,00	30	50	86,00	134,00	

$$\sigma_t = 20x = 2 \cdot 0,1 Y_2 \cdot K, \text{ daN/m}^2$$

6,60	9	15	25,80	40,20	
13,20	18	30	51,60	74,40	
17,80	27	45	77,40	120,60	
26,40	36	60	103,20	160,80	
33,00	45	75	129,00	201,00	

$$\sigma_t = 20x = 2 \cdot 0,1 \cdot Y_3 \cdot K, \text{ daN/m}^2$$

8,80	12	20	34,40	53,60	
17,60	24	40	68,80	107,20	
26,40	36	60	103,20	160,80	
37,20	48	80	137,60	214,40	
44,00	60	100	172,00	267,00	



Sl. 18.

**Metoda određivanja pritiska na bokovima okna u slabo vezanim stenama**

Uslovi primene:

- koeficijent čvrstoće stena  $f = 1; 0,8; 0,6; 0,5$  i  $0,3$
- gustina stenskog masiva  $\gamma = 2,3$  i  $4 \text{ t/m}^3$
- dubina okna  $H = 100, 200, 300, 400$  i  $500 \text{ m}$ .

Tablica 9  
u 000 daN

$f$	1	0,8	0,6	0,5	0,3
$\varphi_0$	45	39	35	31	17
$\sin \varphi$	0,71	0,63	0,57	0,52	0,29
$1 - \sin \varphi$	0,29	0,37	0,43	0,48	0,71

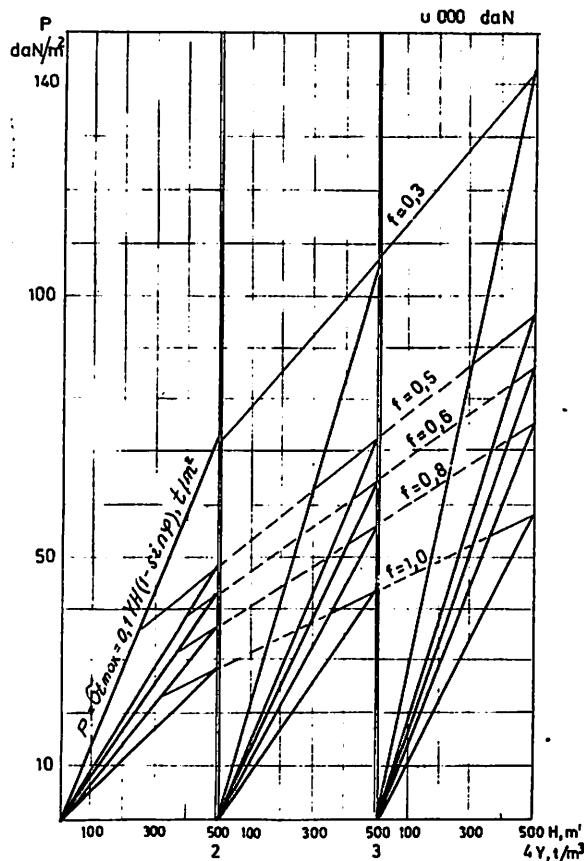
$P = \sigma t_{\max} = 0,1 Y_1 H (1 - \sin \varphi), \text{ daN/m}^2$					
5,80	7,40	8,60	9,60	14,20	
11,60	14,80	17,20	19,20	28,40	
17,40	22,20	25,80	28,80	42,60	
23,20	28,60	34,40	38,40	56,80	
29,00	37,00	43,00	48,00	71,00	

$P = \sigma t_{\max} = 0,1 Y_2 H (1 - \sin \varphi), \text{ daN/m}^2$					
8,70	11,10	12,90	14,40	21,30	
17,40	22,20	25,80	28,80	42,60	
26,10	33,30	38,70	43,20	63,90	
34,80	44,40	51,60	57,60	85,20	
43,50	55,50	64,50	72,00	105,00	

$P = \sigma t_{\max} = 0,1 Y_3 H (1 - \sin \varphi), \text{ daN/m}^2$					
11,60	14,80	17,20	19,20	28,40	
23,20	29,60	34,40	38,40	56,80	
34,80	44,40	51,60	57,60	85,20	
46,40	59,20	68,80	76,80	113,60	
58,00	74,00	86,00	96,00	142,00	



Sl. 19.

#### Način čitanja – korišćenja dijagrama i nomograma

Sl. 2 – Na apscisnoj osi prikazana je polovina raspona pretpostavljene podzemne prostorije ukupnog raspona (širine) do 5 m. Visina svoda zarušavanja očitava se (za svaku vrednost  $f$ ) povlačenjem paralele (za bilo koju polovicu raspona) sa ordinatom  $b$ , m, a zatim paralelno sa apscisom  $a$ , do preseka sa ordinatom  $b$  (paralelno sa apscisom  $m$ ).

Sl. 3 – Veličina pritiska očitava se tako što se sa odgovarajuće tačke promenljivih veličina  $a$  i  $y$  na apscisnoj osi povlači paralela ordinati do preseka sa krivom pritiska, a zatim paralela apscisi do preseka sa ordinatom na kojoj se očitava brojna vrednost pritiska.

Sl. 6 – Visina svoda zarušavanja  $b_1$  i stvarne polovine raspona prostorije  $a_1$  očitava se na ordinati  $b_1$  odnosno  $a_1$  prostim povlačenjem paralela ordinati (iz bilo koje tačke promenljivih apscise, do pravih  $b_1$  odnosno  $a_1$ ).

Sl. 7 – Način očitavanja pritisaka vrši se paralelnim povlačenjem ordinati sa apscise promenljivih kao i za  $b_1$  i  $a_1$ .

Sl. 8, 9 i 11, 13, 14, 17, 18 i 19 – Pritisak se očitava kao sa slike 7, odnosno analogno kao i za  $b_1$  i  $a_1$ .

Sl. 15 –  $P$  označava zatezna naprezanja u krovu prostorije;  $P$  označava pritisna naprezanja

#### Zaključak

U ovom radu prikazan je način interpretacije složenih uslova manifestovanja podzemnih pritisaka i mogućnosti njihovog direktnog čitanja. Međuvrednosti se mogu dobiti analitičkom i grafičkom interpolacijom.

Tablica 9 u 000 daN					
$f$	1	0,8	0,6	0,5	0,3
$\varphi_0$	45	39	35	31	17
$\sin \varphi$	0,71	0,63	0,57	0,52	0,29
$1 - \sin \varphi$	0,29	0,37	0,43	0,48	0,71

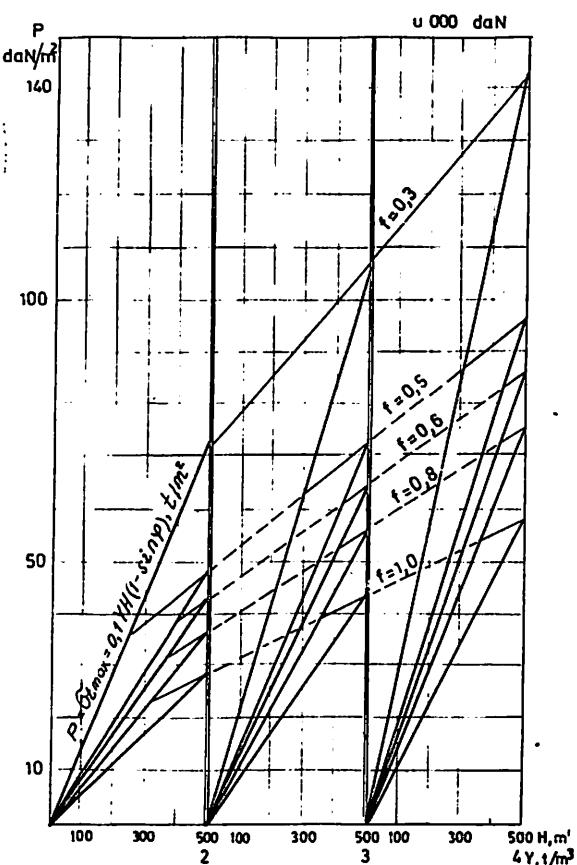
$P = \sigma t_{\max} = 0,1 Y_1 H (1 - \sin \varphi), \text{ daN/m}^2$					
5,80	7,40	8,60	9,60	14,20	
11,60	14,80	17,20	19,20	28,40	
17,40	22,20	25,80	28,80	42,60	
23,20	28,60	34,40	38,40	56,80	
29,00	37,00	43,00	48,00	71,00	

$P = \sigma t_{\max} = 0,1 Y_2 H (1 - \sin \varphi), \text{ daN/m}^2$					
8,70	11,10	12,90	14,40	21,30	
17,40	22,20	25,80	28,80	42,60	
26,10	33,30	38,70	43,20	63,90	
34,80	44,40	51,60	57,60	85,20	
43,50	55,50	64,50	72,00	105,00	

$P = \sigma t_{\max} = 0,1 Y_3 H (1 - \sin \varphi), \text{ daN/m}^2$					
11,60	14,80	17,20	19,20	28,40	
23,20	29,60	34,40	38,40	56,80	
34,80	44,40	51,60	57,60	85,20	
46,40	59,20	68,80	76,80	113,60	
58,00	74,00	86,00	96,00	142,00	



Sl. 19.

#### Način čitanja – korišćenja dijagrama i nomograma

Sl. 2 – Na apscisnoj osi prikazana je polovina raspona pretpostavljene podzemne prostorije ukupnog raspona (širine) do 5 m. Visina svoda zarušavanja očitava se (za svaku vrednost  $f$ ) povlačenjem paralele (za bilo koju polovinu raspona) sa ordinatom  $b$ ,  $m$ , a zatim paralelno sa apscisom  $a$ , do preseka sa ordinatom  $b$  (paralelno sa apscisom).

Sl. 3 – Veličina pritiska očitava se tako što se sa odgovarajuće tačke promenljivih veličina  $a$  i  $y$  na apscisnoj osi povlači paralela ordinati do preseka sa krivom pritiska, a zatim paralela apscisi do preseka sa ordinatom na kojoj se očitava brojna vrednost pritiska.

Sl. 6 – Visina svoda zarušavanja  $b_1$  i stvarne polovine raspona prostorije  $a_1$  očitava se na ordinati  $b_1$  odnosno  $a_1$  prostim povlačenjem paralela ordinati (iz bilo koje tačke promenljivih apscise, do pravih  $b_1$  odnosno  $a_1$ ).

Sl. 7 – Način očitavanja pritiska vrši se paralelnim povlačenjem ordinati sa apscise promenljivih kao i za  $b_1$  i  $a_1$ .

Sl. 8, 9 i 11, 13, 14, 17, 18 i 19 – Pritisak se očitava kao sa slike 7, odnosno analogno kao i za  $b_1$  i  $a_1$ .

Sl. 15 –  $P$  označava zatezna naprezanja u krovu prostorije;  $P$  označava pritisna naprezanja

#### Zaključak

U ovom radu prikazan je način interpretacije složenih uslova manifestovanja podzemnih pritisaka i mogućnosti njihovog direktnog čitanja. Međuvrednosti se mogu dobiti analitičkom i grafičkom interpolacijom.

## SUMMARY

### Direct Pressure Readings in Underground Rooms by Nomograms in Order to Determine the Appropriate Supports

In addition to more than two thousand solved problems the paper includes systematized, tabulated and graphically presented principal methods for determination of pressure and strain along the underground rooms contour. This may be used for very rapid and accurate determination of the type and strength of supports in each concrete case.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Direkte Druckablesung in den Untertage – Räumen mittels Nomogramms zur Bestimmung des entsprechenden Grubenausbau

Mit dieser Arbeit wurden über 2000 gelöste Probleme des Hauptverfahrens zur Druckbestimmung und Beanspruchung der Umrisse von Grubenräumen tabellarisch erfasst und dargelegt. Aufgrund dieser ist es möglich sehr schnelle und genaue Bestimmung der Ausbauart und – tragfähigkeit in jedem konkreten Fall.

## РЕЗЮМЕ

**Непосредственное считывание значений давления в подземных выработках при помощи номограмм  
в целях определения соответствующей крепи**

В этой статье, на основании двух тысяч решённых проблем, разработаны, систематизированы и в виде таблиц и диаграмм охвачены основные методы для определения давления и напряжений по контуру подземных выработок. На основании этих данных, возможно очень быстро и точно определить виды и несущую способность крепей для каждого отдельного случая.

Autor: doc. dr inž. Ratomir Džodić, Rudarsko–metalurški fakultet, Kosovska Mitrovica

Recenzent: dr inž. Đ. Marunić, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 23.4.81, prihvacen 12.5.81. god.

## MOGUĆNOSTI ČIŠĆENJA LIGNITA KOLUBARA PRE SAGOREVANJA U TERMOELEKTRANI

Dipl.inž. Mira Mitrović

### Uvod

Za izbor procesa obogaćivanja nekog uglja potrebno je prethodno utvrditi njegove fizičke i hemijske karakteristike kao i karakteristike pratećih mineralnih proslojaka.

Naročiti značaj imaju:

- optičke osobine
- mehaničko-strukturne osobine
- specifična gustina
- električne osobine
- osobine specifične površine.

Mineralne materije su ili sitno desiminirane u ugljenoj materiji i čvrsto vezane za nju ili se javljaju u vidu impregnacija i tanjih ili debljih proslojaka. Ove minerale čine: karbonati, razne sulfidne rude i gline i mogu se izdvajati iz uglja u procesu obogaćivanja.

Za izdvajanje mineralnih materija iz uglja razvijeni su brojni tehnološki procesi.

Čišćenje uglja može da se odvija suvim i mokrim postupcima. Poboljšanje njegovog termogenog kvaliteta se postiže:

- drobljenjem i klasiranjem rovnog uglja odnosno podešavanjem veličine komada ugljene materije i sadržaja pepela u njoj

- smanjenjem sadržaja vlage odnosno ocedjivanjem vode ili sušenjem ugljene materije
- odvajanjem ugljene materije od balastnih materija na osnovu razlike u specifičnim gulinama ovih komponenata u struji vazduha, vode ili „teškoj tečnosti“
- drobljenjem, sušenjem i odvajanjem ugljene materije od jalovine na osnovu razlike u specifičnim gulinama i oblika zrna ovih komponenata u struji vazduha
- flotacijskom koncentracijom sitnih klasa
- elektrostatičkim odvajanjem sitnih klasa i dr.

### Osobine lignita Kolubara

Višegodišnja statistička ispitivanja osobina rovnog lignita Kolubara, koji se dobija mehanizovanom proizvodnjom na površinskim otkopima i koji se koristi za sagorevanje u termoelektranama, su pokazala velika odstupanja u pogledu kvaliteta. Odstupanja se, uglavnom, odnose na promene u sadržaju balastnih mineralnih materija u ugljenom sloju. U ranije objavljenim istraživanjima su utvrđeni detaljni podaci o kvalitetu rovnog lignita Kolubara za slučaj niskog i vrlo visokog sadržaja pepela u uglju. Pored toga, ukazano je na niz teškoća i problematiku koja se javlja tokom celog procesa upotrebe ovakvog goriva u ložištima termoelektrana i dati su detaljni podaci o količini i o kvalitetu štetnih gasova i pepela — praha koji se izdvaja u

elektrofiltrima i koji prolazi kroz dimnjake u atmosferu. Naročito je naglašena za sada nesagledana štetnost zagađivanja životne sredine (vazduh, voda, zemljište) u područjima na kojima su sagrađeni i rade termoenergetski objekti. Kada budu pušteni u rad i energetski kapaciteti koji su u izgradnji sigurno je da će ovaj problem biti akutniji i može dovesti u pitanje dalje povećanje kapaciteta na toj lokaciji.

Rešenje ovoga problema treba tražiti u:

- poboljšanju rada postojećih uređaja za odvajanje čestica praha iz dimnih gasova
- ugradnji odgovarajućih vrlo efikasnih uređaja za izdvajanje praha iz dimnih gasova ili u
- iznalaženju adekvatnog postupka čišćenja lignita pre ulaza u ložišta termoelektrana.

Kod usvajanja optimalnog tehnološkog rešenja za čišćenje lignita i kod sagledavanja ekonomike za odabrani proces treba se opredeliti za najefikasniji postupak, jer su izdaci naše zajednice u zdravstvenu preventivu i lečenje stanovništva vrlo veliki, i jer su još uvek nesagledane i neprocenjene štete koje nastaju kod narušavanja životne sredine od termoelektrana i eko-sistema uopšte.

Bilo bi neophodno da termoelektrane utvrde finansijske izdatke koji nastaju kada se sagoreva lignit sa vrlo visokim sadržajem pepela (habanje uređaja, gubici toplove, problemi i troškovi vezani za efikasnost rada elektrofiltara, za transport i odlagališta letećeg pepela, potrošnja električne energije i dr.). Ovo je naročito važno, ako se ima u vidu i potrošnja tečnih goriva, koja se upotrebljavaju kod potpale u TE i za potporu vatre pri niskim opterećenjima kotla.

#### Ispitivanje mogućnosti čišćenja

Čišćenje lignita od mineralnih materija predstavlja poseban problem u tehnici pripreme i koncentracije mineralnih sirovina, naročito kada se ima u vidu da izbor adekvatnog procesa čišćenja mora biti istodobno potvrđen i ekonomikom.

Razmatranje mogućnosti čišćenja ovog lignita od pratećih mineralnih primesa vršeno je na reprezentativnim srednjim uzorcima rovnog uglja i na srednjim uzorcima rovnog uglja osušenog i usitnjeno u mlinovima termoelektrana, koji pred-

stavljaju *ekstremne vrednosti u pogledu kvaliteta*. Za ispitivanja su, prema tome, uzeti uzorci sa *niskim i visokim sadržajem pepela*. Razdvajanje pojedinih frakcija uglja izvedeno je u rastvorima organskih jedinjenja različitih specifičnih gustina.

Naš pristup razmatranju mogućnosti čišćenja lignita pre sagorevanja u termoelektranama se sastoји u sledećem:

#### Varijanta A

— *Čišćenje krupnih klasa lignita — 120 + 30 mm u teškoj sredini na dva produkta: čist ugalj i jalovina i zatim objedinjavanje čistog krupnog uglja sa sitnim rovним ugljem*, krupnoće —30 + 0 mm za dalje sagorevanje u TE

— čišćenje krupnih ( $-120 + 30 \text{ mm}$ ) i sitnih klasa lignita ( $-30 + 0 \text{ mm}$ ) u teškoj sredini na dva produkta: čist ugalj i jalovina i objedinjavanje čistog krupnog i čistog sitnog uglja i priprema za dalje sagorevanje u TE; odlaganje jalovine na deponiju; tretiranje otpadnih voda.

#### Varijanta B

Ova varijanta obuhvata:

- drobljenje do gornje granične krupnoće 3 mm i sušenje rovnog lignita u uređajima za pripremu uglja za sagorevanje u termoelektranama
- razmatranje mogućnosti odvajanja sitnog sušenog uglja pomoću analize pliva—tone na dva proizvoda: čist ugalj i jalovina kako bi se čist sušeni ugalj mogao sagorevati u TE, a jalovina vratila prirodi na odlagalište u neizmenjenom stanju.

Istraživanja su izvršena samo na kvalitetnom uglju, jer treba prvo da se utvrdi postoji li teoretska mogućnost odvajanja jalovine iz usitnjeno i osušenog lignita koji ima nizak sadržaj pepela.

#### Rezultati

##### Osebine rovnog lignita

Rezultati analiza kvalitetnog i nekvalitetnog lignita su prikazani u tablicama 1 i 2.

Tehnička i elementarna analiza rovnog uglja Kolubara

Tablica 1

	Kvalitetni lignit	Nekvalitetni lignit			
Vлага %	52,0	—	—	52,0	—
Pepeo	10,57	22,02	—	19,30	40,20
Sumpor uk.	0,54	1,13	—	0,81	1,69
Sumpor. vez.	0,13	0,28	—	0,09	0,18
Koks	25,97	54,11	41,15	31,30	65,20
C fix	15,40	32,09	41,15	12,00	25,00
Isparlj. materije	22,03	45,89	58,85	16,70	34,80
Segorlj. materije	37,43	77,98	100,00	28,70	59,80
<b>Toplotna moć</b>					
— gornja kJ/kg	9670	20140	25810	6940	14470
— donja kJ/kg	8010	19200	24595	5395	13760
Ugljenik %	24,40	50,83	65,19	17,64	36,76
Vodonik	2,21	4,60	5,90	1,68	3,50
Azot	0,30	0,62	0,79	0,43	0,90
Kiseonik	10,11	21,08	27,03	8,23	17,13
Sumpor sag.	0,41	0,85	1,09	0,72	1,51
					2,53

Hemijski sastav pepela rovnog lignita Kolubara

Tablica 2

Elementi	Kvalitetni lignit	Nekvalitetni lignit
SiO <sub>2</sub>	54,44	53,30
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27,40	28,18
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,78	7,17
CaO	3,95	3,61
MgO	1,86	2,13
SO <sub>3</sub>	2,88	2,50
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07	0,09
TiO <sub>2</sub>	0,96	0,90
Na <sub>2</sub> O	0,25	0,36
K <sub>2</sub> O	1,50	1,76
<b>Topljivost pepela (oksidaciona atmosfera)</b>		
Početak sinterovanja	930°C	920°C
Temperatura polulopote	1370°C	1360°C
Temperatura razdvajanja	1390°C	1390°C

#### Odvajanje mineralnih materija

#### Varijanta A

Svi podaci koji se odnose na razmatranja mogućnosti čišćenja rovnog lignita Kolubara (kvalitetan i nekvalitetan) po ovoj varijanti prikazani su u tablicama 3, 4, 5, 6, 7, 8 i 9.

Granulometrijski sastav rovnog lignita Kolubara (nakon drobljenja do gornje granične krupnoće 120 mm)

Tablica 3

Veličina zrna mm	Nekvalitetan lignit		Kvalitetan lignit	
	Masa %	Pepeo (105°C) %	Masa %	Pepeo (105°C) %
— 120 + 30	41,1	37,4	46,2	20,5
— 30 + 0	58,9	39,9	53,8	22,94
— 120 + 0	100,00	38,9	100,0	21,81

**Analiza pliva—tone nekvalitetnog rovnog lignita Kolubara (klasa — 120 + 30 mm posle drobljenja rovnog uglja)**

Tablica 4

Specifična gustina	Masa M % (105°C)	Pepeo P % (105°C)	$\Sigma M \downarrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \downarrow$	$\Sigma M \uparrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \uparrow$
— 1,10	16,28	7,6	16,28	7,6	83,72	43,2
1,10 — 1,15	11,63	10,4	27,91	8,8	72,09	48,5
1,15 — 1,20	12,73	16,1	40,64	11,1	59,36	55,4
1,20 — 1,25	9,30	22,8	49,94	13,2	50,06	61,5
1,25 — 1,30	5,81	29,4	55,75	14,9	44,25	65,7
1,30 — 1,40	12,79	46,1	68,54	20,7	31,46	73,7
1,40 — 1,50	11,46	69,3	80,00	27,7	20,00	76,2
1,50 — 1,60	9,20	76,2	89,20	32,7	10,80	76,2
+ 1,60	10,80	76,2	100,00	37,4	—	—

**Analiza pliva—tone nekvalitetnog rovnog lignita Kolubara (klasa — 30 + 0 mm posle drobljenja rovnog uglja)**

Tablica 5

Specifična gustina	Masa M % (105°C)	Pepeo P % (105°C)	$\Sigma M \downarrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \downarrow$	$\Sigma M \uparrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \uparrow$
— 1,10	3,9	10,6	3,9	10,6	96,10	41,1
1,10 — 1,15	1,8	17,0	5,7	12,5	94,30	41,6
1,15 — 1,20	6,6	17,2	12,3	15,0	87,70	43,4
1,20 — 1,25	21,8	23,1	34,1	20,2	65,90	50,2
1,25 — 1,30	28,8	29,6	62,9	24,5	37,10	66,2
1,30 — 1,35	13,8	40,5	76,7	27,4	23,30	81,3
1,35 — 1,40	4,8	59,0	81,5	29,2	18,50	87,1
1,40 — 1,50	3,5	71,0	85,0	31,0	15,00	90,9
1,50 — 1,80	3,3	83,5	88,3	32,9	11,70	93,0
+ 1,80	11,7	93,0	100,0	39,9	—	—

**Analiza pliva—tone kvalitetnog rovnog lignita Kolubara (klasa — 120 + 30 mm posle drobljenja rovnog uglja)**

Tablica 6

Specifična gustina	Masa M % (105°C)	Pepeo P % (105°C)	$\Sigma M \downarrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \downarrow$	$\Sigma M \uparrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \uparrow$
— 1,10	39,68	8,56	39,68	8,56	60,32	28,35
1,10 — 1,15	14,79	9,63	54,47	8,85	45,53	34,44
1,15 — 1,20	12,64	16,71	67,11	10,33	32,89	41,25
1,20 — 1,25	8,84	24,21	75,95	11,95	24,05	47,51
1,25 — 1,30	4,32	36,32	80,27	13,26	19,73	49,96
1,30 — 1,40	7,15	48,27	87,42	16,12	12,58	50,93
+ 1,40	12,58	50,93	100,00	20,50	—	—

**Analiza pliva–tone kvalitetnog rovnog lignita Kolubara (klasa –30 + 0 mm posle drobljenja rovnog uglja)**

Tablica 7

Specifična gustina	Masa M % (105°C)	Pepeo P % (105°C)	$\Sigma M \downarrow$	$\frac{\Sigma M.P \downarrow}{\Sigma M}$	$\Sigma M \uparrow$	$\frac{\Sigma M.P \uparrow}{\Sigma M}$
– 1,10	9,7	6,4	9,7	6,4	90,30	24,72
1,10–1,15	5,8	10,9	15,5	8,0	84,50	25,67
1,15–1,20	57,4	13,3	72,9	12,1	27,10	51,86
1,20–1,25	6,1	20,9	79,0	12,8	21,00	60,85
1,25–1,30	2,2	28,1	81,2	13,2	18,80	64,68
1,30–1,40	3,3	41,9	84,5	14,4	15,50	69,53
1,40–1,50	3,8	62,0	88,3	16,4	11,70	71,97
1,50–1,70	4,7	71,1	93,0	19,2	7,00	72,56
+1,70	7,0	72,56	100,0	22,94	—	—

**Zaključak analize pliva–tone – varijanta A**

a – Čišćenje krupnih klasa; objedinjavanje čistog krupnog uglja sa sitnim rovnim lignitom za sagorevanje u TE

Tablica 8

	Nekvalitetan lignit		Za ter-molek-tranu	Kvalitetan lignit		Za ter-molek-tranu
	klasa –120+30 mm	–30+0 mm		klasa –120+30 mm	–30+0 mm	
<b>Čist lignit</b>						
Spec. gustina	–1,30	—	—	–1,30	—	—
Masa %	55,75	—	—	80,27	—	—
Masa % (na rovni ugalji)	22,9	58,9	81,8	37,1	53,8	90,9
Pepeo % (105°C)	14,9	39,9	32,9	13,26	22,94	19,0
<b>Jalovina</b>						
Spec.gustina	+1,30	—	—	+1,30	—	—
Masa %	44,25	—	—	19,73	—	—
Masa % (na rovni ugalji)	18,2	—	—	9,1	—	—
Pepeo % (105°C)	65,7	—	—	49,96	—	—

**Zaključak analize pliva–tone – varijanta A**

b – Čišćenje krupnih i sitnih klas lignita za sagorevanje u TE

Tablica 9

	Nekvalitetan lignit		Za ter-molek-tranu	Kvalitetan lignit		Za ter-molek-tranu
	klasa –120+30 mm	–30+0 mm		klasa –120+30 mm	–30+0 mm	
<b>Čist lignit</b>						
Spec. gustina	–1,30	–1,30	—	–1,30	–1,30	—
Masa %	55,75	62,9	80,27	80,27	81,2	—
Masa % (na rovni ugalji)	22,9	37,0	59,9	37,1	43,7	80,8
Pepeo % (105°C)	14,9	24,5	20,8	13,26	13,2	13,2
<b>Jalovina</b>						
Spec. gustina	+1,30	+1,30	—	+1,30	+1,30	—
Masa %	44,25	37,10	—	19,73	18,8	—
Masa % (na rovni ugalji)	18,2	21,9	40,1	9,1	10,1	19,2
Pepeo % (105°C)	65,7	66,2	66,0	49,96	64,68	57,7

### Varijanta B

Svi podaci koji se odnose na razmatranje mogućnosti čišćenja usitnjene i osušene rovnog

lignite Kolubara, krupnoće —1 (2) + 0 mm, tj. pripremljenog u mlinovima termoelektrane prikazani su u tablicama 10, 11, 12 i 13.

**Granulometrijski sastav rovnog lignita Kolubara (usitnjeni i osušen u mlinovima TE) — kvalitetan lignit klasa — 1 (2) + 0 mm**

Tablica 10

Veličina zrna mm	Masa % M% (105°C)	Pepeo P% (105°C)	$\Sigma M \downarrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \downarrow$	$\Sigma M \uparrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \uparrow$
— 5 + 3	0,40	6,39	0,40	6,38	100,00	21,81
— 3 + 2	0,87	6,64	1,27	6,56	99,60	21,87
— 2 + 1	2,96	7,37	4,23	7,13	95,77	22,46
— 1 + 0,75	3,09	8,70	7,32	7,79	92,68	22,91
— 0,75 + 0,50	4,87	10,38	12,19	8,83	87,81	23,61
— 0,50 + 0,30	8,48	13,97	20,67	10,94	79,33	24,64
— 0,30 + 0,20	9,06	21,24	29,73	14,08	70,27	25,08
— 0,20 + 0,15	13,27	22,06	43,00	16,54	57,00	25,78
— 0,15 + 0,09	18,40	23,11	61,40	18,50	38,60	27,05
— 0,09 + 0,056	8,85	23,95	70,25	19,19	29,75	27,98
— 0,056 + 0,040	13,66	25,95	83,91	20,29	16,09	29,70
— 0,040 + 0,00	16,09	29,70	100,00	21,81	—	—

**Mineralne materije u usitnjenoj i osušenoj lignitu Kolubara (uzete u mlinu TE)**

Tablica 11

Mineralne komponente	Hemisika formula	Metoda određivanja	Kvalitetan lignit %	Nekvalitetan lignit %
Ugljena materija, celulozna, humati i dr.				
Kaolinit	$Al_2 [OH]_4 [Si_2O_5]$	H	71,46	—
Iilit	$K_1 (Al, Fe)_2 (OH)_2 [AlSiO_{10}]_h H_2O$	D; H; Rö; DTA	12,17	42,64
Montmorilonit	$Al_2 (OH)_2 [Si_4O_{10}]_m H_2O$	Rö; DTA; D	5,70	19,98
Kvarc	$SiO_2$	Rö; DTA; D; H	3,0	10,51
Kalcit, magnezit	$CaCO_3, MgCO_3$	Rö; O; H	3,12	10,93
Limonit	$Fe_2O_3, n H_2O$	H	0,32	1,12
Getit	$H FeO_2$	DTA; H	1,20	4,20
Magnetit	$FeFe_2O_4$	DTA; H	0,20	0,70
Pirit	$Fe_2S_2$	M; H	0,20	0,20
Anhidrit	$CaSO_4 \cdot 2 H_2O$	Rö; H; O	0,20	0,53
Ca jarozit	$Ca Fe_6 (SO_4)_4 (OH)_{12}$	DTA; D; H	0,80	2,80
Rutil	$TiO_2$	O; H	0,27	0,95
Ukupno			100,00	100,00

Objašnjenje: Rö = „X Ray“ analize; DTA = dif. term. analiza; D = derivatografska analiza; O = optička (mikroskopska) analiza; H = hem. analiza; M = ručni magnet.

**Analiza pliva—tone kvalitetnog rovnog lignita Kolubara (uzorak uzet iz mline TE — usitnjeni i osušen u mlinu)**

Tablica 12

Specifična tone	gustina pliva	M% Masa (105 °C)	P% Pepeo (105°C)	$\Sigma M \downarrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \downarrow$	$\Sigma M \uparrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \uparrow$
<b>Klasa — 1 (2) + 0 mm</b>							
— 1,45	53,45	7,46	53,45	7,46	46,55	38,28	
1,45	— 1,50	12,79	9,82	66,24	7,92	33,76	49,06
1,50	— 1,55	7,06	15,76	73,27	8,67	26,70	57,87
1,55	— 1,60	6,98	18,93	80,28	9,56	19,72	71,65
	+ 1,60	19,72	71,65	100,00	21,81	—	—
<b>Klasa — 0,3 + 0,2 mm</b>							
— 1,40	31,40	4,92	31,40	4,92	68,60	28,71	
1,40	— 1,45	38,98	8,89	70,38	7,12	29,62	54,79
1,45	— 1,50	4,87	15,77	75,25	7,68	24,75	62,47
	+ 1,50	24,75	62,47	100,00	21,24	—	—

## Analiza pliva—tone kvalitetnog rovnog lignita Kolubara (uzorak uzet iz mline TE—usitnjeni i osušen u mlinu)

Tablica 13

Specifična tone	gustina pliva	M% Masa (105°C)	P% Pepeo (105°C)	$\Sigma M\downarrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \downarrow$	$\Sigma M\uparrow$	$\frac{\Sigma M.P}{\Sigma M} \uparrow$
<b>Klasa — 0,2 + 0,15 mm</b>							
1,40	— 1,40	29,24	6,57	29,24	6,57	70,76	28,46
1,45	— 1,45	33,36	8,36	62,60	7,52	37,40	46,39
1,45	— 1,50	11,75	12,74	74,35	8,35	25,65	61,81
	+ 1,50	25,65	61,81	100,00	22,06	—	—
<b>Klasa — 0,04 + 0,0 mm</b>							
1,35	— 1,35	16,45	12,98	16,45	12,98	83,55	32,99
1,40	— 1,40	26,22	14,51	42,67	13,92	57,33	41,44
1,45	— 1,45	18,00	15,52	60,67	14,39	39,33	53,31
	— 1,50	4,00	16,18	64,67	14,51	35,33	57,51
	+ 1,50	35,33	57,51	100,00	29,70	—	—

## Osobine očišćenog lignita

U tablicama 14, 15 i 16 prikazani su podaci o kvalitetu finalnih proizvoda koji se mogu dobiti čišćenjem, sušenjem i drobljenjem rovnog lignita

Kolubara po varijanti A (rešenje „a“ i „b“) a u tablicama 15 i 16 o kvalitetu lignita po varijanti B.

## Tehnička i elementarna analiza očišćenog lignita Kolubara (osušen i usitnjeni)

Tablica 14

Rešenje		Varijanta A					
		a	a	a	b	b	b
Vlaga	%	15,0	—	15,0	—	15,0	—
Pepeo	%	27,60	32,47	16,14	18,98	11,25	13,24
Sumpor ukupni	%	1,05	1,23	1,48	1,74	1,16	1,36
Sumpor u pepelu	%	0,07	0,08	0,83	0,98	0,65	0,76
Sumpor sagolj.	%	—	—	—	—	0,51	—
Koks	%	51,13	60,15	42,96	50,66	41,47	48,79
C-fix	%	23,53	27,68	26,92	31,68	30,22	35,55
Isparljivo	%	33,87	39,85	41,94	49,34	43,53	51,21
Sagoljivo	%	57,40	67,53	68,86	81,02	73,75	86,76
Toplotna moć							
gornja	kJ/kg	14660	17255	18840	22165	20200	23780
donja	kJ/kg	13570	16375	17520	21055	18905	22660
Sumpor piritni	%	—	—	—	—	0,60	0,70
Ugljendioksid	%	—	—	—	—	0,27	0,32
Ter po „Fischer“-u	%	7,14	8,40	—	—	7,78	9,15
Ugljenik	%	37,23	43,80	44,63	52,52	50,24	59,10
Vodonik	%	3,59	4,22	4,18	4,91	4,62	5,44
Sumpor sagoljivi	%	0,98	1,15	0,65	0,76	0,51	0,60
Azot	%	0,40	0,47	0,49	0,58	0,60	0,70
Kiseonik	%	15,60	17,89	18,91	22,25	17,70	20,83
Hlor	%	—	—	—	—	0,08	0,19

Tehnička i elementarna analiza očišćenog lignita Kolubara (osušen i usitnjen)

Tablica 15

Rešenje		Varijanta A		Varijanta B	
		b			
Vlaga	%	15,00	—	15,00	—
Pepeo	%	17,20	20,23	7,89	9,28
Sumpor ukupni	%	1,13	1,33	1,11	1,30
Sumpor u pepelu	%	0,63	0,74	0,64	0,75
Sumpor sagorljiv	%	0,50	—	0,47	—
Koks	%	45,32	53,32	39,81	46,84
C-fix	%	28,12	33,09	31,92	37,56
Isparljivo	%	39,68	46,68	45,19	53,16
Sagorljivo	%	67,80	79,77	77,11	90,72
Toplotna moć					
gornja	kJ/kg	18385	21625	20790	24470
donja	kJ/kg	17130	20580	19535	23380
Sumpor piritni	%	0,49	0,58	0,65	0,77
Ugljendioksid	%	0,21	0,25	0,25	0,29
Ter po „Fischer“-u	%	7,06	8,30	6,38	7,51
Ugljenik	%	45,64	53,69	51,71	60,84
Vodonik	%	4,40	5,18	4,44	5,22
Sumpor sagorljiv	%	0,50	0,59	0,47	0,55
Azot	%	0,59	0,69	0,82	0,97
Kiseonik	%	16,59	19,53	19,64	23,11
Hlor	%	0,08	0,09	0,03	0,03

Analiza pepela očišćenog lignita Kolubara

Tablica 16

Rešenje	Varijanta A (b)	Varijanta B	
		%	%
Sastojeći			
SiO <sub>2</sub>	45,72	26,99	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6,23	7,54	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25,47	17,57	
CaO	9,90	21,43	
MgO	3,00	5,80	
SO <sub>3</sub>	8,14	19,20	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,10	0,10	
TiO <sub>2</sub>	0,73	0,44	
Na <sub>2</sub> O	0,19	0,24	
K <sub>2</sub> O	0,80	0,49	
Reakcija	jako kisela	slabo kisela	
Sadržaj pepela (105°C)%	20,23	9,28	
Topljivost pepela (oksidaciona atmosfera)			
Početak sinterovanja	870°C	860°C	
Tačka omešavanja	1180°C	1175°C	
Tačka polulopte	1275°C	1200°C	
Tačka razlivanja	1290°C	1205°C	

Zaključni osvrt

Ova istraživanja su inicirali današnja potreba za korišćenjem lignita slabijeg kvaliteta u velikim

termoelektranama, problem taloženja pepela i uticaj koji taloženje pepela ima na prenos toplote u „bojler“ pećima TE, teško održavanje maksimalne efikasnosti elektrofiltara — veliki utrošak električne energije za njihov rad, utrošak tečnih goriva i zagađivanje životne sredine od takvih TE uopšte.

Istraživanja su obuhvatila utvrđivanje mogućnosti odvajanja mineralnih komponenti iz rovnog lignita Kolubara na bazi analiza pliva—tone.

Za ispitivanja su uzeti sledeći uzorci:

— srednji uzorak rovnog lignita (boljeg i slabijeg kvaliteta), prethodno klasiran i izdrobljen, krupnoće — 120 + 30 mm i — 30 + 0 mm

— srednji uzorak rovnog lignita (boljeg kvaliteta), osušen i usitnjen do gornje granične krupnoće 1 mm u mlinu TE.

Rezultati istraživanja su pokazali:

— da rovni lignit Kolubara koji se danas sagoreva u TE ima vrlo neujednačen kvalitet

— da ima sadržaj ukupne vlage do oko 55 %

— da učešće mineralnih materija koje prate ugljenu supstancu varira, te se sadržaj pepela u rovnom lignitu Kolubara kreće od 22 do 40% na 105°C

— da se deo ovih mineralnih materija može odvojiti kako iz krupnih klasa ( $-120 + 30$  mm) tako i iz sitnih klasa veličine zrna —  $30 + 0$  mm

— da se iz lignita boljeg kvaliteta, osušenog i usitnjenog u mlinovima termoelektrane, takođe, može izdvojiti deo nepotrebnih—nekorisnih mineralnih materija

— da očišćeni lignit može imati, shodno izboru, sadržaj pepela koji se kreće od 9,5 % do 20 % na  $105^{\circ}\text{C}$

— da očišćeni lignit ima izmenjeni hemijski sastav pepela u odnosu na sastav pepela u rovnem uglju i da pepeo očišćenog lignita ima temperaturu topljenja u oksidacionoj atmosferi oko  $1200^{\circ}\text{C}$

— da mineralne materije koje se izdvajaju čišćenjem lignita bilo rovnog bilo sušenog i usitnjene predstavljaju neizmenjenu prirodnu sirovину i da mogu da se vrate nazad prirodi bez specijalnog tretmana.

Poznato je da postoje procesi i uređaji koji se mogu i koji bi se mogli koristiti za čišćenje

lignite. Jedno takvo postrojenje je izgrađeno za krupne klase —  $120 + 30$  mm u REIK Kolubara, Vreoci i nalazi se već godinama u radu. Za sitne klase —  $30 + 0$  mm bi se mogli takođe odabratи adekvatan proces i uređaji, jasno uz obavezno čišćenje pri tom nastalih otpadnih voda. Međutim, za izdvajanje jalovine iz usitnjene i osušene lignite u mlinovima TE veličine zrna —  $1 + 0$  mm treba adaptirati postojeće uređaje ili raditi na konstrukciji novog uređaja. Prednost ovakvog čišćenja bi bila vrlo velika. Lignite mora u svakom slučaju da se suši i usitnjava pre uduvavanja u ložište kotla, a problem otpadnih voda ne postoji.

Na osnovu izloženog proizilazi da bi termoelektrane — korisnici lignita sa neujednačenim i visokim sadržajem pepela (22–40% na  $105^{\circ}\text{C}$ ) trebalo da utvrde, što detaljnije, sve tehničko-tehnološke i finansijske pokazatelje koje prouzrokuje upotreba ovakvog goriva, odnosno da utvrde da li bi trebalo i moglo preći na upotrebu očišćenog lignita i pod kojim uslovima.

## SUMMARY

### Possibility of Cleaning Kolubara Lignite Prior to Combustion in Power Generation Plants

The paper considers the possibility of separating mineral matters from raw run Kolubara lignite. Kolubara lignite is characterized by high moisture content ranging up to 55 %, and variable content of ash from 22 — 24 % at  $105^{\circ}\text{C}$ . The ash mainly results from minerals kaolinite, illite, montmorillonite, quartz and pyrite. Recovery of the lignite was even earlier directed to electric power generation, combustion taking place on site and in the state existing immediately after mining. The problems existing in power generation plants burning lignite with very high contents of moisture and ash are well known.

The objective of completed investigations was to determine on the basis of float-and-sink analysis the possibility of removal of mineral components from the following samples:

- Raw run lignite (various grade), previously classified, and crushed with sizes —  $120 + 30$  mm and —  $30 + 0$  mm;
- Raw run lignite (higher grade) dried, and ground to upper size limit of 1 mm in power plant mill.

The investigation results indicated that Kolubara lignite may yield, on the basis of differences of specific densities between coal substance and mineral materials, commercial products with following ash contents (at  $105^{\circ}\text{C}$ ): 32.9%, 19.0%, 20.8%, 13.2% and 9.5%. The content of total moisture in the lignite usually totals about 15% after drying and grinding in power plant mills. The cleaned lignite ash chemical composition is altered (compared with raw run lignite ash) and melts in an oxidative atmosphere at lower temperatures (about  $1200^{\circ}\text{C}$ ). This product is more suitable when used in a combustion process, so it enables various savings. The waste left after the separation of lignite products represents mineral matters that may be returned back to the nature without any special treatment.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Die Reinigungsmöglichkeiten der Braunkohle Kolubara vor der Verbrennung in den Wärmekraftwerken

Im Artikel wurde eine Trennung von Mineralstoffen aus der Roh-Kohle Kolubara einer Betrachtung unterzogen. Die Braunkohle Kolubara zeichnet sich durch einen hohen Wassergehalt aus, der sich bis 55% bewegt und durch veränderlichen Aschengehalt, der von 22 bis 24% auf 105°C betragen kann. Die Asche entsteht hauptsächlich aus den Mineralen Kaolinit, Illit, Montmorillonit, Quarz und Pyrit. Die Bewertung dieser Braunkohle wurde schon früher auf die Stromerzeugung in den WKW gerichtet, unter Verbrennung an Ort und Stelle und im Zustand, wie sie unmittelbar im Tagebau gewonnen wird. Die bestehenden Probleme in WKW bei der Braunkohlenverbrennung mit sehr hohem Wasser- und Aschengehalt sind sehr gut bekannt.

Zweck der durchgeführten Untersuchungen war, auf der Grundlage einer SS-Analyse die Möglichkeit der Trennung von mineralischen Komponenten aus folgenden Proben, zu bestimmen:

- aus der Rohkohle (verschiedener Qualität), vorher klassiert und zerkleinert, Klasse —120 + 30 mm und —30 +0 mm
- aus der Rohkohle (von besserer Qualität), getrocknet und zerkleinert bis zur oberen Korgrenze 1 mm in der Mühle von WKW.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen haben gezeigt, dass aus der Braunkohle Kolubara aufgrund der spez. Dichte zwischen Kohlensubstanz und der Mineralstoffe, Handelsprodukte mit folgendem Aschengehalt (auf 105°C): 32,9%; 19,0%; 20,8%; 13,2% und 9,5%. Gesamtwassergehalt in diesen Braunkohlen beträgt gewöhnlich, nach der Trocknung und Zerkleinerung in den WKW — Mühlen rd. 15% gewonnen werden können. Die gereinigte Kohle hat eine veränderte chemische Aschezusammensetzung (bezogen auf die Asche in der Rohkohle), die in der Oxidationsatmosphäre bei niedrigeren Temperaturen (bei 1200°C) schmilzt. Dieses Produkt ist beim Verbrennungsprozess günstiger und ermöglicht verschiedene Ersparnisse. Die Berge, nach der Aussortierung von reiner Braunkohle, stelle einen Mineralstoff dar, der ohne Sonderbehandlung an die Natur zurückgegeben werden kann.

## РЕЗЮМЕ

### Возможность очищения лигнита из Колубары перед его сжиганием в топках тепловой электростанции

В статье рассматривается возможность отделения пустой породы из рядового лигнита Колубара. Лигнит из Колубары отличается высоким содержанием влаги, которое составляет до 55%, и изменчивым содержанием золы, достигающего от 22 до 24% на 150°C. Зора формируется главным образом из минералов каолинита, иллита, монтморилонита, кварца и полевого шпата.

Потребление этого лигнита уже раньше было направлено для производства электрической энергии в тепло-электростанциях, при его сжигании по возможности на месте разработки и в состоянии в камне. Он находится непосредственно после добычи. Проблемы, появляющиеся в ТЭС при сжигании лигнита с высоким содержанием влаги и золы хорошо известны.

Целью проведенных исследований явилось установление, на основе разделения всплытием и погружением, возможности выделения минеральных составляющих из следующих образцов:

- из рядового лигнита (различного качества), предварительно классифицированного и измельченного, на крупность —120+30 мм и —30+0 мм.
- из рядового лигнита (хорошего качества) высушенного и измельченного до верхнего предела крупности 1 мм в мельницах ТЭС.

Результаты исследования указывают на то, что из лигнита Колубара можно получить, на основе разницы между удельной плотностью у горного вещества и минеральных составляющих, коммерческие продукты со следующим содержанием золы (на № 05°C): 32,9%, 19,0%, 20,8%, 13,2% и 9,5%. Полное содержание влаги в этом лигните после сушки и измельчения в мельницах ТЭС составляет примерно 15%. Очищенный лигнит имеет измененный химический состав золы (в отношении к золе рядового лигнита) которая плавится в окисляющей атмосфере на более

низких температурах (примерно 1200°C). Этот продукт более благоприятствует при использовании в процессе сжигания и потому предоставляет возможность осуществить экономию. Пустая порода остающаяся после выделения чистого продукта лигнита, является минеральным веществом которого можно вернуть назад в природу без какой либо обработки.

#### Literatura

1. Mitchell, R. D., 1950: Coal Preparation. — American Institute of Mining and Metallurgical Engineers, New York.
2. Wilson, P. J., Wells, J. H., 1953: Charbon, Coke et sous produits. — Librairie Polytechnique CH. Beranger, Paris et Liege.
3. Mitrović, M., 1956: Flotacija uglja iz rudnika Rtnja i Jerme domaćim i stranim flotacionim sredstvima. — „Glasnik hemijskog društva”, sv. 6—9, knjiga XXI, Beograd.
4. Meyer, H., Hagen, D. W., 1960: Aufbereitung der Steinkohle, erster Teil. — Steinkohlenbergbauverein, Essen.
5. Leininger, D., 1973: Die Entwicklung in der Steinkohlenaufbereitung in den USA in der Vergangenheit und in der Zukunft. — Energie und Technik 25 H 10.
6. Mitrović, M., Tomasić, S., 1975: Problemi obogaćivanja jugoslovenskih ugljeva — referat održan na Simpozijumu „Potencijali mineralnih sirovina i mogućnosti njihovog korišćenja kao faktor dugoročnog razvoja privrede SFRJ” — Savetovanje o uglju, 1975, Split.
7. Mitrović, M., Tomasić, S., Bratuljević, S., 1976: Treba li sagorevati lignit sa visokim sadržajem pepela u kotlovima termoelektrana? . — „Rudarski glasnik” br. 2/76, Beograd.
8. Mitrović, M., Tomasić, S., Bratuljević, S., 1977: Odstranjivanje jalovog balasta iz lignita Kosova pre njegovog sagorevanja u termoelektranama. — Zbornik radova Naučnog društva SAP br. 1/78, Kosovo, posvećen Simpozijumu o zaštiti životne sredine u SAP Kosovo od 10.11.77., Priština.
9. Mitrović, M., Tomasić, S., Bratuljević, S., 1979: Čišćenje uglja — lignita pre sagorevanja u termoelektranama. — Referat održan na VIII međunarodnom kongresu o obogaćivanju uglja, Doneck.
10. Mitrović, M., Tomasić, S., Bratuljević, S., 1980: Čišćenje uglja pre sagorevanja u kotlovima termoenergetskih postrojenja. — Simpozijum o tehnološkoj preradi uglja, Zenica.

Autor: dipl.inž. Mira Mitrović, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. D. Ivanković, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 14.4.81, prihvaćen 12.5.81.

UDK 622.368.2 : 622.7  
Naučno—istraživački rad

## MOGUĆNOSTI UKLANJANJA CaO I SiO<sub>2</sub> IZ MAGNEZITA KOMBINOVANIM POSTUPKOM ŽARENJA I GRAVITACIJSKE KONCENTRACIJE

Mr inž. Božidar Branković — dipl.inž. Mihajlo Canić

Korišćenje magnezitnih ruda sa visokim sadržajem CaO u proizvodnji visokokvalitetnog vatrostalnog materijala predstavlja danas složen tehnološki problem, koji se može rešavati na više načina. Svaki odabran način ima nedostatak što poskupljuje preradu, a za njegovu realizaciju potrebna su velika investiciona ulaganja. Kako je sve manje kvalitetnih magnezitnih ruda nameće se potreba korišćenja ruda sa povećanim sadržajem CaO.

U rudniku Strezovce nalaze se značajne količine magnezitne rude, nazvane uslojeni—trakašti slabodolomični magnezit, sa sadržajem MgO 41,73%, CaO 5,99% i SiO<sub>2</sub> 3,50%. Iz ovakve rude se postupkom gravitacijske koncentracije u teškoj sredini, u dinamičnom uređaju tipa DWP i pri krupnoći — 20 + 0,5 mm, može proizvesti pretkoncentrat sa težinskim učešćem od 41% i sadržajem MgO 41,90%, CaO 6,60% i SiO<sub>2</sub> 1,05%, GŽ 1000°C 49,55. Dobijeni koncentrat se ne može upotrebiti za proizvodnju kvalitetnog vatrostalnog materijala zbog visokog sadržaja CaO.

Za smanjenje sadržaja CaO ne mogu se više koristiti klasični postupci gravitacione koncentracije zbog bliskosti u gustini magnezita i nosioca kalcijuma—dolomita. Kako su hemijski postupci za uklanjanje CaO iz rude magnezita dosta skupi, to smo pokušali da CaO uklonimo iz pretkoncentrata postupkom gravitacijske koncentracije nakon žarenja pretkoncentrata.

U okviru ovih ispitivanja izvršena su opsežna istraživanja u laboratorijskom obimu, a ovde su izmeti samo neki rezultati.

### Ispitivanje specimena

Iz pretkoncentrata su izdvojena tri tipa specimena, koji su se međusobno razlikovali po boji i mineralnom sastavu. Svaki tip specimena je hemijski analiziran i određena je prosečna gustina, (prividna) metodom vazdušnog piknometra tipa „Beckman”, model 930.

Dobijeni rezultati su sledeći:

Specimen	Gustina g/cm <sup>3</sup>	MgO%	CaO%	SiO <sub>2</sub> %	GŽ 1000°C %
Beli magnezit	2,97	45,69	1,31	0,09	51,39
Trakasti magnezit	2,95	39,37	7,15	0,59	49,76
Sraslaci	2,93	35,66	12,73	0,56	49,32

Svaki od specimena žaren je u vremenu od 6 časova u mufalnoj peći na temperaturi od 500°C, 600°C, 700°C, 800°C, 900°C i 1000°C, a potom je vršena hidratacija u vremenu od 30 minuta. Posle hidratacije specimeni su ocedeni na filter papiru, oslobođeni grube vlage, i na njima je izvršeno određivanje prividne gustine uz korišćenje već pomenute metode. Na taj način dobijeni su sledeći rezultati:

	Gustina uzorka g/cm <sup>3</sup> na temperaturama						
	200°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C
Beli magne- zit	2,97	2,74	2,29	2,04	2,06	2,14	2,49
Trakasti magnezit	2,95	2,66	2,03	2,01	1,91	1,99	—
Sraslaci	2,93	2,80	2,48	2,21	1,97	1,92	—

Beli magnezit je posle žarenja i hidratacije smanjivao gustinu do temperature od 700°C, a posle toga gustina je počela da raste da bi za 1000°C imala vrednost od 2,49.

Trakasti magnezit je smanjivao gustinu do temperature od 800°C, kada je imao vrednost gustine 1,91, da bi posle žarenja na temperaturi od 1000°C i hidratacije potpuno promenio fizički oblik, raspao se u mulj, te mu gustina nije određivana.

Kod sraslaca je gustina opadala do temperaturu žarenja od 900°C, da bi se posle žarenja na 1000°C i hidratacije raspao i prešao u mulj, te nije merena gustina.

Ako bi se utvrđeni fenomeni pokušali da prenesu u proizvodne uslove, očigledno je da bi se mogli osloboditi sadržaja CaO žarenjem, hidratacijom, mokrim prosejavanjem i raslojavanjem po gustini. Uspeh ovog postupka bi zavisio od težinskog učešća ispitivanih specimena.

### Ispitivanja pretkoncentrata

Dalja ispitivanja nastavljena su na pretkoncentratu iz kojeg su izdvojeni ispitivani specimeni. Žarenje se obavlja u vremenu od 6 časova na temperaturama 600°C, 700°C, 800°C, 900°C i 1000°C, u mufolnoj peći. Posle žarenja uzorci su

ostали u peći sve dok se nisu ohladili. Ohlađeni uzorci su potom podvrgnuti procesu hidratacije u vodi u trajanju od 30 min.

U tablici 1 date su vrednosti težina žarenog i hidratisanog kaustika računate u odnosu na polazni pretkoncentrat.

Iz tablice 1 se vidi da sa porastom temperaturom žarenja opada težinsko učešće kaustika, odnosno raste gubitak žarenja.

Posle hidratacije težina kaustika raste, kaustik apsorbuje vodu. Najveće upijanje vode je kod kaustika žarenog na 800°C od 14,17%. Sa povećanjem temperature žarenja na 900°C i 1000°C sposobnost upijanja vode i dalje postoji, ali je znatno manja nego na temperaturama nižim od 800°C.

Nakon obavljenih hidratacija izvršeno je prosejavanje hidratisanog kaustika na situ otvora 0,5 mm. Podrešteni proizvod predstavlja mulj, koji je sušen na 105°C i hemijski analiziran, a nadrešteni proizvod je raslojan na različitim gustinama, a potom sušen na 105°C i analiziran. Dobijeni rezultati dati su u tablicama 2, 3, 4, 5 i 6.

Iz tablice 2, kod temperaturu žarenja od 600°C, vidi se da sadržaj CaO opada u proizvodima izdvajenim na gustinama do 2,40 g/cm<sup>3</sup>, kao laki proizvod. Sadržaj SiO<sub>2</sub> ostaje nizak, ispod 1%. Količina mulja je mala.

Tablica 1

Težinsko učeš- će temp. žarenja	T % 600°C	T % 700°C	T % 800°C	T % 900°C	T % 1000°C
Pretkoncentrat	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Kaustik	76,75	59,32	52,04	50,11	49,74
Hidratisani kaustik	85,29	69,46	66,21	53,56	54,80
Porast težine hidratisanog kaustika	8,54	10,14	14,17	3,45	5,06

Tablica 2

Gustina g/cm <sup>3</sup>	T % kaustik	MgO %	CaO %	SiO <sub>2</sub> %	GŽ 1000°C
Ulez	100,00	49,78	5,58	1,08	41,77
— 1,80	—	—	—	—	—
1,80 — 1,90	10,29	61,84	2,17	0,83	34,91
1,90 — 2,00	18,16	61,09	2,73	0,67	34,94
2,00 — 2,10	13,51	51,29	3,17	0,80	39,36
+ 2,10	57,70	43,94	7,39	1,30	45,75
Mulj	0,34	34,91	11,94	6,27	35,06

Rezultati ispitivanja na 700°C

Tablica 3

Gustina g/cm <sup>3</sup>	T % kaustik	MgO%	CaO%	SiO <sub>2</sub> %	GŽ 1000°C
Ulaz	100,00	56,77	9,76	1,05	31,08
— 1,90	—	—	—	—	—
1,90 — 2,00	20,85	65,87	3,56	0,60	28,20
2,00 — 2,20	41,19	63,84	3,93	0,20	31,02
+ 2,20	36,27	44,27	19,54	2,24	32,70
Mulj	1,69	40,48	18,67	2,27	33,90

Rezultati ispitivanja na 900°C

Tablica 5

Gustina g/cm <sup>3</sup>	T % kaustik	MgO%	CaO%	SiO <sub>2</sub> %	GŽ 1000°C
Ulaz	100,00	63,76	7,27	1,34	18,22
— 1,90	3,31	66,47	14,94	0,93	16,18
1,90 — 2,00	25,98	42,85	9,27	0,67	16,03
2,00 — 2,20	53,61	78,15	2,73	0,70	17,55
+ 2,20	4,30	61,37	2,43	14,47	9,32
Mulj	12,80	46,06	21,85	1,10	29,02

Rezultati ispitivanja na 800°C

Tablica 4

Gustina g/cm <sup>3</sup>	T % kaustik	MgO%	CaO%	SiO <sub>2</sub> %	GŽ 1000°C
Ulaz	100,00	62,91	5,79	1,11	29,10
— 1,90	9,22	63,51	6,84	0,93	27,32
1,90 — 2,00	10,34	63,11	6,47	0,67	28,49
2,00 — 2,20	58,77	67,41	2,36	0,30	29,59
+ 2,20	6,85	52,65	6,96	10,13	25,79
Mulj	14,72	49,28	17,74	0,57	30,27

Rezultati izdvajanja proizvoda na gustinama od 1,8 — 2,1 na pojedinim uzorcima magnezita žarenim na odgovarajućim temperaturama daju se u daljem tekstu.

Na temperaturi žarenja od 700°C, tablica 3, na gustinama do 2,20 g/cm<sup>3</sup> kao laki proizvodi izdvajaju se proizvodi sa smanjenim sadržajem CaO, i niskim sadržajem SiO<sub>2</sub>. U poređenju sa temperaturom od 600°C, vidi se da na gustinama 2,40 ne postoji laki proizvod sa niskim sadržajem CaO i SiO<sub>2</sub>. Količina mulja je znatno porasla i iznosi 1,69%.

Na temperaturi žarenja od 800°C, tablica 4, u lakinim proizvodima do gustine 2,00 postoji povećan sadržaj CaO i nizak sadržaj SiO<sub>2</sub>. Na gustinama 2,00—2,20 izdvaja se laki proizvod sa smanjenim sadržajem CaO i SiO<sub>2</sub>, dok se na gustinama većoj od 2,20 javlja kao teški proizvod — proizvod sa povećanim sadržajem CaO i SiO<sub>2</sub>. Učešće mulja naglo raste i bogat je sadržajem CaO.

Ako se želi da izdvoji proizvod sa niskim sadržajem CaO i SiO<sub>2</sub> mora da se primeni dvostepena koncentracija. Prva za uklanjanje lakih proizvoda iznad gustine 2,00, a druga koncentracija za uklanjanje teškog proizvoda, čija je gredina veća od 2,20.

Rezultati ispitivanja na 1000°C

Tablica 6

Gustina g/cm <sup>3</sup>	T % kaustik	MgO%	CaO%	SiO <sub>2</sub> %	GŽ 1000°C
Ulaz	100,00	76,26	9,18	1,82	12,57
— 1,90	37,89	81,12	5,84	0,60	11,39
1,90 — 2,00	6,18	85,32	5,39	0,90	7,40
+ 2,00	32,31	87,94	2,73	4,02	5,09
Mulj	23,62	50,11	24,09	1,00	26,04

Na temperaturi žarenja od 900°C, tablica 5, prvo se u lakovom proizvodu na gredini 2,00 izdvajaju proizvodi sa povećanim sadržajem CaO, a u teškom proizvodu — proizvodi sa smanjenim sadržajem CaO. U teškom proizvodu, izdvojenom na gredini 2,20, postoji nizak sadržaj CaO, ali je sadržaj SiO<sub>2</sub> tako visok da ovaj proizvod nema upotrebnu vrednost.

Ukoliko se želi izdvojiti proizvod sa smanjenim sadržajem CaO i SiO<sub>2</sub> mora se primeniti dvostepena koncentracija. Prva koncentracija je za uklanjanje CaO, a druga za uklanjanje SiO<sub>2</sub>.

Na temperaturi žarenja od 1000°C, tablica 6, do gredine 2,00 u lakovom proizvodu izdvajaju se proizvodi bogati sa CaO, a siromašni sa SiO<sub>2</sub>. U teškom proizvodu, na gredini 2,00, izdvaja se proizvod siromašan CaO, a bogat po sadržaju SiO<sub>2</sub>, pa se ne može postići uslov, nizak sadržaj CaO i SiO<sub>2</sub> u istom proizvodu.

Količina mulja je izuzetno velika, a po sadržaju CaO i MgO predstavlja bogat proizvod.

U tablici 7 dati su količine i kvaliteti proizvoda sa smanjenim sadržajem CaO, koji se izdvajaju na različitim gustinama, posle žarenja na različitim temperaturama i kvaliteti ponovo izarenih kaustika na 1000°C sa iskorišćenjem pretkoncentrata.

Tablica 7

T°C	Vreme žarenja, h	Gustina izdvajanja, g/cm <sup>3</sup>	T % kaustik	MgO	CaO%	SiO <sub>2</sub> %	Gubitak žarenja 1000°C, %	Iskorišć. pretkoncentrata %
600	6	— 2,20	41,96	58,12	2,73	0,75	36,36	
700	6	— 2,20	62,04	64,37	3,84	0,30	30,42	
800	6	2,00 — 2,20	58,77	67,41	2,36	0,30	29,59	
900	6	2,00 — 2,20	53,61	78,15	2,73	0,70	17,55	
1000	6	+ 2,00	32,31	87,94	2,73	4,02	5,09	
600	6	— 2,20	26,70	91,32	4,29	1,18	0,00	52,92
700	6	— 2,20	43,16	92,51	5,52	0,43	0,00	85,55
800	6	2,00 — 2,20	41,38	95,74	3,35	0,43	0,00	82,02
900	6	2,00 — 2,20	44,20	94,78	3,31	0,84	0,00	87,61
1000	6	+ 2,00	30,66	92,66	2,87	4,23	0,00	60,77
Pretkoncentrat			50,45	83,05	13,08	2,08	0,00	100,00

**Zaključak**

Obavljena laboratorijska ispitivanja su pokazala da sa porastom temperature žarenja raste količina mulja koja se dobija posle hidratacije i mokrog prosejavanja; najveća je kod temperature žarenja od 1000°C i ima učešće od 24,09% što je u skladu sa ispitivanim specimenima. Sadržaj CaO u mulju raste sa porastom temperature, dok sadržaj SiO<sub>2</sub> opada sa povećanjem temperature žarenja.

Ispitivanja su pokazala da se kombinovanim postupkom žarenja i gravitacijske koncentracije može izvršiti uklanjanje CaO, do nivoa potrebnog

za proizvodnju kvalitetnog kaustika ili sinter magnezita.

Uticaj temperature žarenja na gustinu odvajanja i dobijanje kvalitetnih proizvoda je evidentan, no za vođenje tehnološkog procesa smatra se da je povoljnije raditi na temperaturama 600—700°C. Razlog ovome je što su niske temperature ekonomičnije, i što se na niskim temperaturama kvalitetan proizvod dobija kao laki proizvod; na temperaturama od 800—900°C potrebna je dvostepena koncentracija radi uklanjanja CaO i SiO<sub>2</sub>, dok se na temperaturi žarenja od 1000°C vrši uklanjanje CaO, ali i koncentracija SiO<sub>2</sub>, tako da dobijeni proizvod nema upotrebnu vrednost.

**SUMMARY****Possibilities of CaO and SiO<sub>2</sub> Removal from Magnesite by a Combined Method of Annealing and Gravity Concentration**

The paper presents the laboratory investigations regarding the removal of CaO by a combined method of annealing and gravity concentration. The effect of annealing temperature on product quality, weight recovery and density of high grade product separation usable for the production of caustics and sinter magnesite was determined.

**ZUSAMMENFASSUNG****Entfernungsmöglichkeiten von CaO und SiO<sub>2</sub> aus dem Magnesit durch kombiniertes Glühverfahren und Schwerkraftaufbereitung**

In der Arbeit wurden Laboruntersuchungen der Entfernung von CaO durch kombiniertes Glühverfahren und Schwerkraftkonzentration dargestellt. Es wurde der Einfluss der Glüh-Temperatur auf die Produktqualität, Gewichtsausbringung und Trenndichte des qualitativen Produkts, das zur Erzeugung von Kaustikum und Sintermagnesit dient, bestimmt.

### РЕЗЮМЕ

#### Возможность удаления CaO и SiO<sub>2</sub> из магнезита комбинированным методом отжига и гравитационного обогащения

В статье описаны лабораторные исследования по вопросу удаления CaO комбинированным методом отжига и гравитационного обогащения. Определено влияние температуры отжига на качество продукта, его извлечение по весу и плотность выделения качественного продукта годного для производства каустина и агломерированного магнезита.

### Literatura

1. Vajvad, J., A., 1971: Magnezialnie bjažušie veštva zinatne, Riga.
2. Karnarskij, S. I. i dr., 1974: Osnovnye ogneupory. — Metalurgija, Moskva.
3. Budnikov, P. P. i dr.: Hemičeskaja tehnologija keramiki i ogneuporov.
4. Popović, D., 1978: Strukturno-teksturne promene pri prženju magnezita i njihov uticaj na proces gravitacijske koncentracije (doktorska disertacija). — Rudarsko—metalurški fakultet, Bor.
5. Pahle, W., 1980: Pojave pri pečenju magnezitne rude nastale prisustvom dolomita i njihov uticaj na koncen-traciju magnezita (doktorska disertacija). — Rudarsko—metalurški fakultet, Bor.
6. Brov, A. V. i dr.: O razloženii magnezita pri nagrevaniji. — Ogneupory, 1970, No. 7.
7. Ignjatović, R.: Tehnološki proces za koncentraciju magnezita iz njihovih ruda sa visokim sadržajem kalcija i silicijuma.
8. Marković, S.: Projekat valorizacije siromašnih magnezita po postupku dr Ignjatovića.
9. Zbornik radova. — Rudarsko—geološki fakultet i Institut za bakar, Bor.

Autori: mr inž. Božidar Branković i dipl.inž. Mihailo Canić, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. D. Ivanković, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 14.4.81, prihvaćen 12.4.81.

UDK 622.368.2 : 622.7  
Naučno–istraživački rad

## MESTO I ZNAČAJ PRETKONCENTRACIJE U OBOGAĆIVANJU I VALORIZACIJI SIROMAŠNIH RUDA MAGNEZITA

(sa 2 slike)

Mr inž. Stevan Miloradović

### Uvod

Dugogodišnjom intezivnom eksploatacijom magnezitne rude došlo je, u visokom stepenu, do iscrpljivanja naših najvećih i najbogatijih magnezitskih ležišta.

Eksploatacija ovih ležišta, zbog dobrog kvaliteta magnezita, omogućila je primenu jednostavnih tehnoloških postupaka u obogaćivanju što je bitno uticalo na niske troškove pripreme magnezita.

Sa porastom stepena iscrpljenosti ovih ležišta, pripremanjem i otvaranjem drugih manje kvalitetnijih i siromašnijih ležišta, ulazne rovne rude u proces obogaćivanja su sve siromašnije, te ranije izgrađena postrojenja za koncentraciju magnezita na našim rudnicima, naročito onim sa podzemnom eksploatacijom, više ne mogu u potpunosti da odgovore svojoj nameni kako u tehnološkom, tako i u ekonomskom smislu. Postojeća postrojenja za kvalitetnije ulaze, sa tehnološkim procesima koji su odgovarali ovim ulazima, danas više—manje iskažuju „usku grlu“ u kapacitetima, dok su istovremeno kontrola i održavanje zadatog tehnološkog procesa sve teži uz nove probleme, kao što su odlaganje jalovine iz procesa, zaštita sredine i dr.

U takvim uslovima, uvođenje pretkoncentracije rovnog magnezita pre tehnološkog procesa koncentracije magnezita postaje neophodna

potreba. U našim eksploatacionim uslovima, ovakav značaj pretkoncentracije treba posmatrati dvojako:

— kao postupak koji treba primeniti, odnosno usavršavati sa daljim osiromašenjem ukupnog rovnog magnezita u našim rudnicima sa podzemnom eksploatacijom i

— kao postupak, koji će predstavljati obaveznu fazu rada u ukupnom tehnološkom procesu obogaćivanja magnezita iz štokverknih tipova ležišta, čija eksploatacija u bliskoj budućnosti predstoji, i u korišćenju magnezita iz nekih plivajućih frakcija—međuproizvoda koji je dobijen iz postrojenja za gravitacijsku koncentraciju u teškoj tečnosti.

Znači, kad se radi o obogaćivanju izrazito siromašnih ležišta i ruda, pretkoncentracija rovnog magnezita je obavezan postupak koji se mora primeniti, pošto je njegova primena tehnološko–ekonomski uslov eksploatacije i, uopšte, valorizacije. U podzemnoj eksploataciji magnezita rudnici su prinuđeni da izvrše preorientaciju svoje proizvodnje u dva pravca:

— da odustanu od selektivnog načina otkopavanja magnezita i da uvedu nove otkopne metode sa masovnim miniranjem i gravitacijskim transportom oborenje rude, qdnosro da na postojećim otkopima mehanizuju faze rada gde je to tehnički izvodljivo, i

— da postavljanjem tzv. „mini“ površinskih otkopa organizuju otkopavanje izdanačkih, delova rudnih žica, sočiva, bogatijih brečastih, mrežastih i dr. magnezitnih pojava i to svuda, gde je ovakav način eksploatacije tehnno-ekonomski opravдан. Posledica takvog rada jeste sve veće osiromašenje učlanjivog rovnog magnezita u izgrađena postrojenja za koncentraciju i sve izraženija potreba da se otklanjaju „uska grla“ u kapacitetima tih postrojenja, u pogoršanoj ekonomici pripreme magnezita i, uopšte, rentabilnosti proizvodnje ove vrlo važne nemetalične sirovine za visokovatrostalnu industriju.

Autor želi da na bazi rezultata laboratorijskih i poluindustrijskih ispitivanja mogućnosti koncentracije magnezita, izvršenih u SOUR-u „Mognohrom—Vatrostalni materijali“, u razdoblju 1975–1980. godine, kao i stičenog iskustva u svojoj dugogodišnjoj praksi u eksploataciji magnezita, ovim radom ukaže na značaj primene pretkoncentracije magnezita za uspešan ukupan proces eksploatacije ove korisne mineralne sirovine i na taj način pomogne praksi pri određivanju mesta i uloge ove metode u ukupnom obogaćivanju magnezita rovne rude.

#### Definicija, tehnno-ekonomski princip i metode

Pretkoncentracija rovne rude predstavlja njenu grubu pripremu jednostavnim ili jевtinim tehnološkim postupkom radi odstranjanja onog dela rovne rude, čija bi priprema u procesu koncentracije bila tehnno-ekonomski neopravdana.

Pretkoncentracija, prema tome, u suštini predstavlja početni prvi stupanj obogaćivanja neke rovne rude.

Primena ovog postupka u procesu obogaćivanja magnezita mora da počiva na sledećem tehnno-ekonomskom principu:

— postupak olakšava tehnološki proces koncentracije magnezita i ekonomski je opravdani od direktnе koncentracije rovne rude, pri čemu ukupni gubitak korisne supstance mora da ostane u dozvoljenim granicama

Rezultati izvršenih ispitivanja mogućnosti pretkoncentracije i koncentracije naših siromašnih ležišta i ruda, o čemu će u daljem tekstu biti više reči, tehnološki omogućavaju i opravdavaju, uvođenje pretkoncentracije u ukupni proces obogaći-

vanja naših magnezita, dok se ekonomski opravdanost postiže kroz bolje težinsko iskorijenje pretkoncentrata i ostvarenog manjeg ukupnog troška pripreme u dobijenom finalnom koncentratu.

Prema ukazanoj potrebi i postojećoj praksi mogu se izdvojiti sledeći postupci pretkoncentracije:

- klasiranje rovnog magnezita i odbacivanje određene sitne klase krupnoće rovne rude kao definitivne jalovine
- postupak ručnog odabiranja i odbacivanja jalovine
- mehanički postupak izdvajanja i odbacivanja jalovine i
- kombinovani postupci (metode).

Koji će od ovih postupaka biti primjenjen u praksi zavisi od niza činilaca koji utiču na efikasnost odvajanja jalovine—serpentina i rude magnezita. Neki se od njih utvrđuju laboratorijskim i poluindustrijskim ispitivanjima. Najvažniji su: kvalitet magnezita, fizičko-mehaničke i tehničke osobine rude magnezita i prateće jalovine (zapreminska težina, boja, porozitet, čvrstoća, raspucalost, drobljivost i dr.), i kapacitet proizvodnje.

Najčešće se primenjuju kombinovane metode pretkoncentracije u rudarskoj praksi:

- klasiranje i ručno odabiranje jalovine uz odbacivanje sitne klase kao definitivne jalovine i
- klasiranje i mehaničko izdvajanje jalovine uz odbacivanje sitne klase kao definitivne jalovine.

Međutim, nije ni retkost da se svi navedeni postupci istovremeno primenjuju, kao što je to slučaj sa eksploatacijom štokverknih tipova magnezita u Grčkoj.

Najjednostavnija, a ujedno i najjeftinija metoda je klasiranje rovne rude uz odbacivanje sitne klase kao definitivne jalovine. Ukoliko je ta klasa sitnija, utoliko više raste potreba za primenom tehnološke vode pri klasiranju rovne rude.

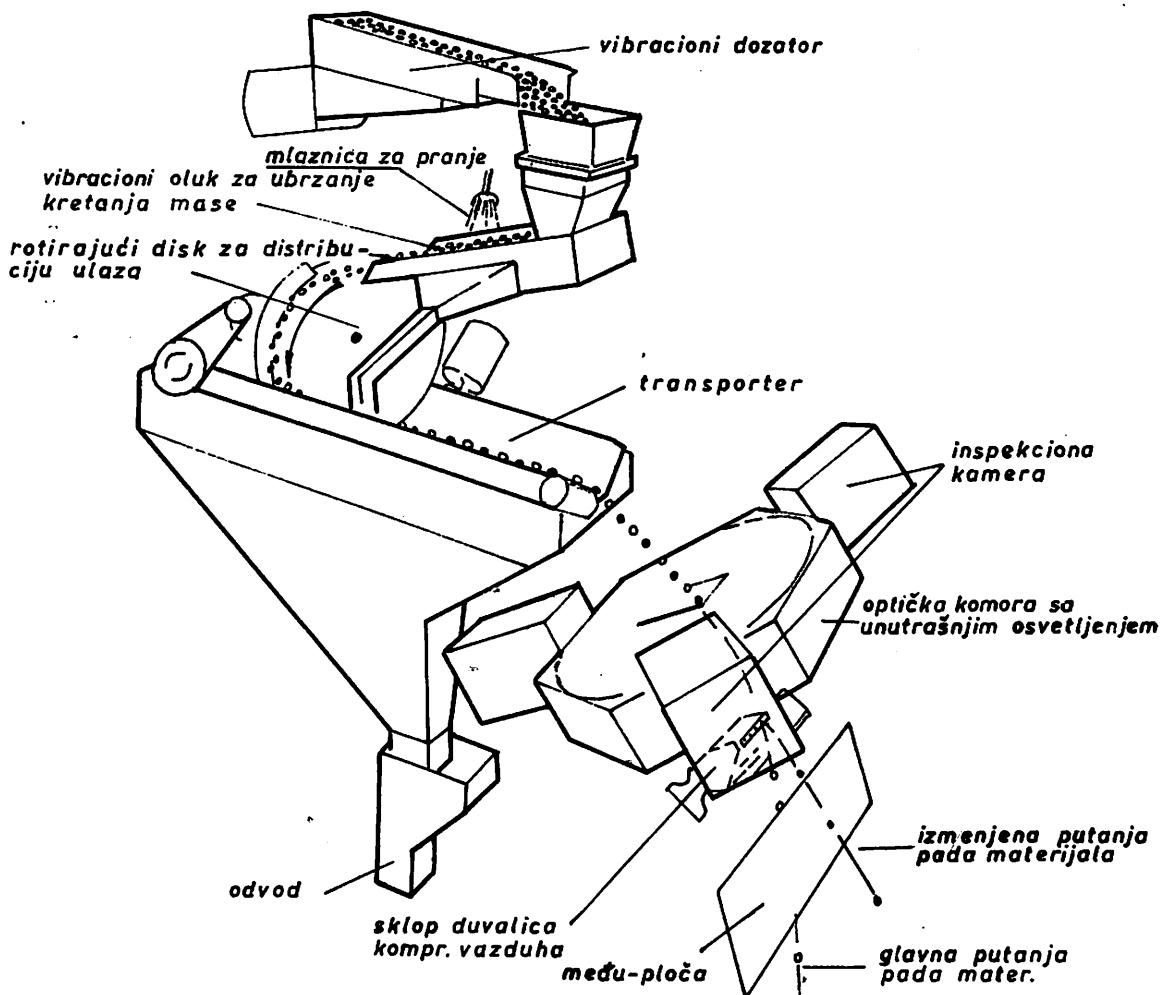
Ručno odabiranje primenjuje se kod krupnije i kvalitetnije klase rovne rude sa manjim kapacitetom proizvodnje pretkoncentrata. Postupak je efikasan i u savremenoj praksi se neopravdano zanemaruje, a rad prebirača — radnika na prebirnoj traci podcenjuje i u tehnološkom i u ekonomskom smislu. Ovaj postupak je uspešniji uz primenu tehnološke vode za klasiranje i pranje rovne rude.

Za mehaničko izdvajanje postoje različiti tehnološki postupci i uređaji. Skoro sve primenjene metode u koncentraciji magnezita mogu da posluže i za njegovu pretkoncentraciju, naravno sa manje izraženim zahtevima u procesu: magnetska i elektrostatička pretkoncentracija, gravitacijska pretkoncentracija u teškoj tečnosti i dr. Međutim, za pretkoncentraciju siromašnih štokverknih magnezita najviše se u praksi primenjuju optičko-elektronski separatori, tipa Sortex i Sorter, i to na srednjim i krupnim klasama rovnog magnezita (iznad 12–15 mm).

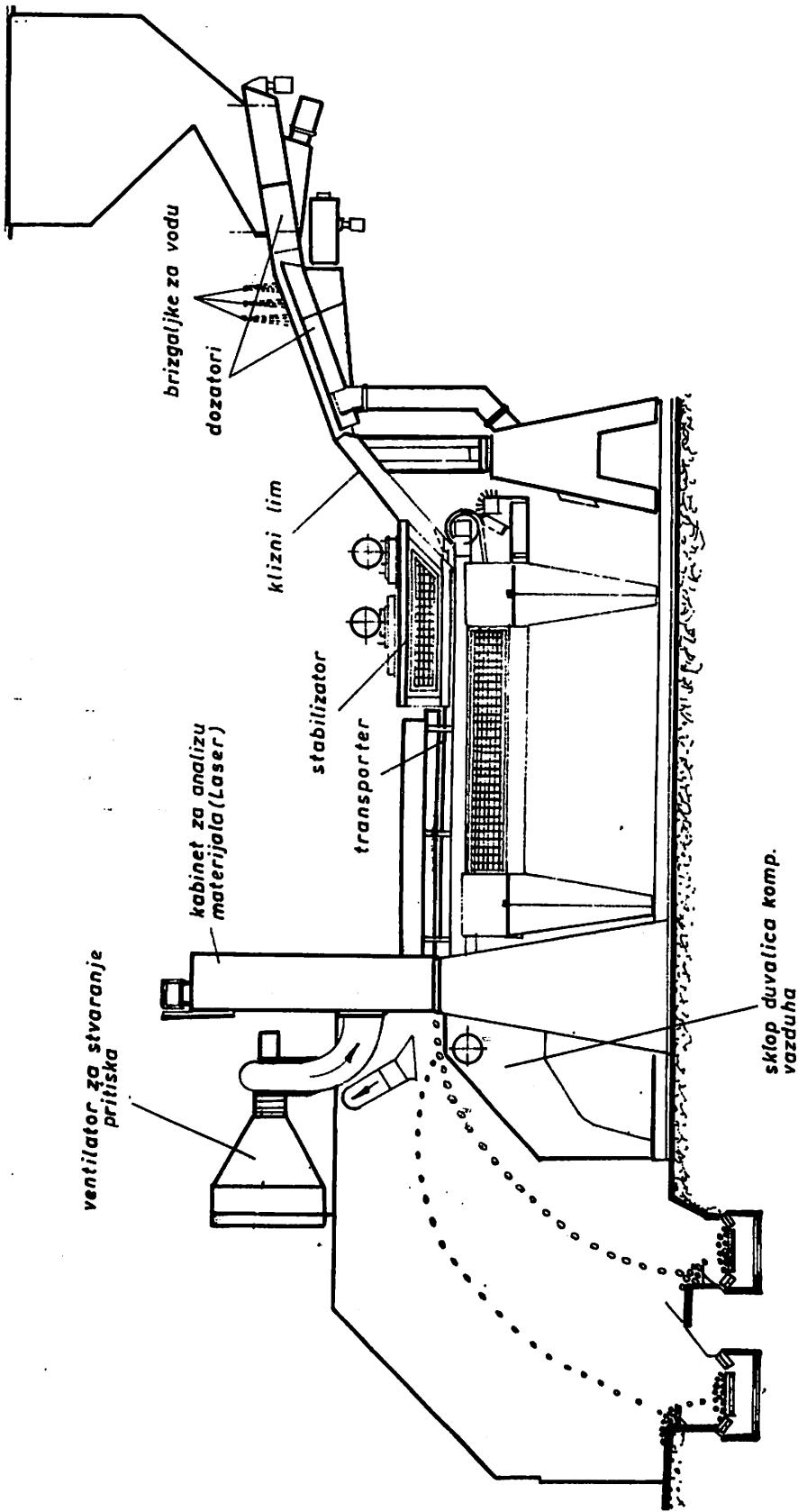
Ovde se ukratko daje osnovni princip rada ovih uređaja, sa osnovnim tehničkim karakteristikama.

#### Optičko-elektronski separator, tip Sortex

Separator radi na principu razlike u boji između rude magnezita (bela) i prateće jalovine—serpentina (tamna), tj. na različitoj refleksiji njihovih površina prema datom izvoru svetlosti. Razliku u refleksiji registruje specijalni elektronski uređaj (fotočelija) koji izdaje komandu mehaničkom uređaju koje će zrno biti „prihvачeno”, prema unapred datom etalonu boje, a koje „odbačeno” mlažom komprimiranog vazduha, u delu gde se vrši razdvajanje korisne komponente — magnezit od jalone komponente, serpentin u rovnoj rudi. Šematski prikaz uređaja dat je na slici 1.



Sl. 1 – Optički separator, tip Sortex (model Sortex 711 M).



Sl. 2 – Fotometrijski sorter, tip 16.

Postoji više modela ovog uređaja, a zajedničko im je sledeće: traže prethodno pranje—čišćenje zrna od prašine i ujednačenu granulaciju ulaza, a kapacitet im zavisi od granulacije koja se tretira; kod sitnije granulacije (12–19 mm) kapacitet iznosi svega 0,5–1,3 t/h ulaza, kod krupne granulacije (50–150 mm) kapacitet raste na 10–50 t/h ulaza rovne rude po jednom postrojenju.

#### Optičko-elektronski separator, tip Sorter

I ovaj uređaj radi na istom principu razlike u boji, ali se ovde kao svetlosni izvor koristi helijum-neonski laser i obratno multipovršinsko ogledalo za refleksiju laserskog snopa. Elektronski uređaj obrađuje dobijene podatke i komanduje koja će zrna biti „prihvaćena”, a koja „odbačena” mlažom komprimiranog vazduha, prema unapred podešenim vrednostima. Ovi uređaji imaju veći kapacitet i uspešno rade na krupnijim granulacijama ulazne rude, npr. kapacitet za granulaciju, –25 + 10 mm iznosi od 15–20 t/h, a za krupniju, – 50 + 20 mm, između 30–40 t/h itd. Šematski prikaz uređaja daje se na slici 2.

#### Oblast i način primene pretkoncentracije

Izvršena laboratorijska i poluindustrijska ispitivanja mogućnosti pretkoncentracije i koncentracije siromašnih ruda magnezita ukazuju da se radi o izrazito siromašnim magnezitnim rudama u kojima se težinsko učešće korisne komponente u masi kreće od 15–35%, te njihovo obogaćivanje zahteva skupe tehnološke postupke da bi se ostvario kvalitetni koncentrat.

U ovom radu daje se prikaz granulometrijskog i hemijskog sastava po klasama krupnoće ispitivanih uzoraka magnezita sa osvrtom na mesto i značaj primene pretkoncentracije.

#### Uzorci rude iz površinske eksploatacije i štokverknih tipova ležišta magnezita

##### 1. Uzorak ŠB

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 50	10,81	18,33	2,75
– 50 + 10	13,38	20,96	1,81
– 10 + 0	75,81	31,75	2,52
	100,00	28,80	2,36

##### 2. Uzorak K<sub>2</sub>Š

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 50	7,75	0,92	0,67
– 50 + 10	36,07	29,48	0,67
– 10 + 0	56,18	34,62	1,67
	100,00	30,15	1,23

##### 3. Uzorak BK (štakverk)

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 60	15,42	10,48	2,12
– 60 + 10	25,32	13,80	2,70
– 10 + 0	59,26	27,23	3,66
	100,00	21,85	3,18

##### 4. Uzorak R (štakverk)

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 70	33,27	20,01	0,65
– 70 + 10	20,15	30,15	1,71
– 10 + 0	46,58	30,57	1,51
	100,00	26,97	1,27

##### 5. Uzorak M<sub>1</sub> (štakverk)

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 70	7,36	11,70	0,86
– 70 + 10	32,30	26,27	0,97
– 10 + 0	60,34	41,60	1,26
	100,00	34,45	1,13

##### 6. Uzorak M<sub>2</sub> (štakverk)

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 70	18,10	14,65	0,79
– 70 + 10	35,55	32,24	1,28
– 10 + 0	46,35	47,17	1,29
	100,00	35,98	1,19

Analizom granulometrijskog i hemijskog sastava može se uočiti sledeće:

— prosečni hemijski sastav na svim analiziranim uzorcima ukazuje da se radi o siromašnom rovnom magnezitu, odnosno da je osnovna masa pretežno zastupljena jalovinom — serpentinom u kojoj se nalazi primešana korisna komponenta — ruda magnezit.

— najsitnija klasa rovne rude, — 10 + 0 mm, težinski je najviše zastupljena i nosi najveći sadržaj nečistoće  $\text{SiO}_2$  (jalovine) te klasiranjem rovne rude i njenim odbacivanjem kao definitivne jalovine postiže se prva pretkoncentracija ovih siromašnih magnezitnih ruda.

Ispitivanja su pokazala da se u ovoj klasi nalazi zanemarujuća količina čistog magnezita čiju ekstrakciju iz ove klase ne bi ekonomski opravdala ni jedna poznata metoda pretkoncentracije i koncentracije magnezita.

— Srednja klasa krupnoće zrna, — 70 (50) + 10 mm, isto tako kod većine analiziranih uzoraka ne predstavlja neku posebno obogaćenu rovnu rudsnu, koju bi, bez primene pretkoncentracije, trebalo smatrati pretkoncentratom (izuzetak čini analizirani uzorak BK). Očigledno je i u ovim klasama krupnoće jalova komponenta primarna u odnosu na magnezit. Ova granulacija nije pogodna za primenu pôstupka ručnog odabiranja na traci zbog potrebe angažovanja većeg broja prebirača, te u principu treba nijeno obogaćivanje vršiti mehaničkim metodama izdvajanja i odbacivanja jalovine.

— Krupna klasa, iznad 70(50) mm, težinski je najmanje zastupljena, ali predstavlja i najkvalitetniji deo rovne rude. Ova činjenica ukazuje da se radi o pretežnom učeštu magnezita u ovoj klasi krupnoće, te ona, sama po sebi, predstavlja pretkoncentrat (izuzetak predstavlja uzorak  $K_2\text{Š}$ , gde postoji i dobar koncentrat u ovoj klasi). Preporučuje se da, u cilju dobijanja vrlo dobrog pretkoncentrata, i ova klasa bude podvrgnuta tretmanu delimičnog ručnog odabiranja sa minimalnim učešćem prebirača na traci kako bi se odbaciла zalušta zrna čiste jalovine.

— Na bazi izloženih činjenica, postupak pretkoncentracije siromašnih ruda iz štokverknih ležišta magnezita, kao i rovnih ruda dobijenih površinskim otkopavanjem izdaničkih delova rudnih žica, sočiva i sl., u principu, treba da se odvija kombinovanim metodama pretkoncentracije, da bi se ostvario optimum u njihovoj pretkoncentraciji.

Ispitivanja su pokazala da se ovakvim načinom rada učešće korisne komponente može podići na preko 50–60% u pretkoncentratu, što je od posebnog značaja za dalju koncentraciju ovog magnezita.

Laboratorijskim i poluindustrijskim ispitivanjima utvrđuje se optimalan postupak pretkoncentracije svake konkretnе siromašne rude.

**Uzorci plivajuće frakcije — međuproizvoda iz nekih separacija**

#### 1. Uzorak Š-MP

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		$\text{SiO}_2$	CaO
— 30 + 10	43,70	—	—
— 10 + 1	53,80	—	—
— 1 + 0	2,50	—	—
	100,00	19,49	1,34

#### 2. Uzorak G-KJ

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		$\text{SiO}_2$	CaO
— 60 + 20	56,30	—	—
— 20 + 1	43,60	—	—
— 1 + 0	3,10	—	—
	100,00	24,22	1,05

Ovi uzorci su materijal koji je već bio u procesu gravitacijske koncentracije u teškoj tečnosti i predstavlja njenu plivajuću — odbačenu frakciju iz procesa koja još u sebi sadrži neiskorišćenu rudsnu magnezitu 30–45% u masi, i koja se jednim delom može iskoristiti daljim flotacijskim tretmanom. A pošto se radi o siromašnom ulazu i skupom flotacijskom postupku, to je potrebno i nju prethodno obogatiti. Kod ovog materijala može se konstatovati sledeće:

— postupak klasiranja i odbacivanja sitne klase kao definitivne jalovine ne može da bude uspešna metoda, jer je materijal u prethodnom postupku već klasiran, a jalova komponenta je homogeno raspoređena po svim klasama krupnoće zrna

— postupak ručnog odabiranja bio bi vrlo skup i neracionalan zbog nepovoljne granulacije i homogenog rasporeda jalovine i magnezita po klasama.

sama što zahteva veliki broj prebirača na traci. Iz ovog proizlazi da se pretkoncentracija mora izvršiti mehaničkim postupcima izdvajanja i odbacivanja jalovine, te bi za primenu došli u obzir:

- optičko-elektronski separatori, na klasi krupnoće zrna iznad 10(15) mm, i
- hidrocikloni za odvajanje jalovine u teškoj tečnosti za tretman sitne klase, ispod 10(15) mm, i to sa radom na nižoj specifičnoj težini suspenzije (2,2–2,5 g/cm<sup>3</sup>), što se utvrđuje prethodnim laboratorijskim i poluindustrijskim ispitivanjem.

#### **Uzorci rude iz jamske eksploatacije**

U ovom članku daje se prikaz granulometrijskog i hemijskog sastava analiziranih uzoraka rovne rude i iz jamske eksploatacije, jer i kod ovih ruda dolazi dve sve većeg osiromašenja usled napuštanja selektivnog otkopnog rada pri dobijanju magnezita, a po rudnicima u istom postrojenju za obogaćivanje jamske rude treba obogatiti i rovnu rudu dobijenu iz tzv. minipovršinskih otkopa.

Uz oznake daje se i poreklo uzetih uzoraka za ispitivanje, tj. da li su uzorci uzeti pri izvođenju podzemnih istražnih radova ili sa otkopa.

#### **1. Uzorak L (otkopna)**

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 40	71,5	3,03	1,13
- 40 + 3	21,8	7,44	1,23
- 3 + 0	6,7	18,57	1,37
	100,00	5,31	1,17

#### **2. Uzorak KS (istrage)**

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 40	65,50	3,77	1,23
- 40 + 3	29,75	8,96	1,27
- 3 + 0	4,75	22,09	1,46
	100,00	6,23	1,25

#### **3. Uzorak KT (istrage)**

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 60	39,20	4,74	0,64
- 60 + 1,5	49,45	11,46	0,43
- 1,5 + 0	11,85	23,93	0,62
	100,00	10,24	0,54

#### **4. Uzorak K<sub>1</sub>Š (otkopna)**

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 30	93,0	3,02	1,04
- 30 + 2	4,70	8,65	1,27
- 2 + 0	2,30	22,87	2,43
	100,00	3,74	1,08

#### **5. Uzorak B<sub>4</sub>Š (otkopna)**

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 30	63,50	6,21	0,87
- 30 + 2	22,60	11,83	0,86
- 2 + 0	13,90	25,60	0,66
	100,00	10,22	0,83

#### **Uzorak B<sub>7</sub>Š (otkopna)**

Klasa krupnoće mm	M%	Sadržaj %	
		SiO <sub>2</sub>	CaO
+ 30	34,20	4,77	0,87
- 30 + 2	44,20	20,40	0,60
- 2 + 0	21,60	34,27	0,67
	100,00	18,04	0,72

Već iz prosečnog hemijskog sastava analiziranih uzoraka jasno se uočava da se radi o daleko kvalitetnijem rovnom magnezitu nego što su ranije prikazani uzorci i da je u ovoj rovnoj rudi pretežno zastupljena korisna komponenta — magnezit. Odstupanje od toga čini analizirani uzorak B<sub>7</sub>Š i najsitnija klasa, - 3(1,5) + 0 mm, rovne rude. Klasiranjem rovnog magnezita i odbacivanjem sitne klase kao definitivne jalovine, u znatnoj meri se poboljšava prosečni kvalitet rude magnezita.

Srednje i sitne klase rovne rude, – 60(30) + 3/1,5/mm, po svom hemijskom sastavu najpribližnije reprezentuju analizirane uzorke, jer se u ovim klasama krupnoće zrna još uvek nalazi dosta zadržane jalove komponente, bilo u vidu čistog zrna serpentina ili sraslih zrna serpentina i magnezita, te ove klase zahtevaju svoj dalji tretman u procesu koncentracije, da bi se ostvario zadovoljavajući kvalitet koncentrata. U nekim slučajevima, primena postupka ručnog odabiranja na klasi –60+30(20) mm daje i zadovoljavajuće rezultate u pogledu dobijanja definitivnog koncentrata umesto prekoncentrata magnezita.

Ove klase inače stvaraju posebne teškoće procesu gravitacijske koncentracije magnezita u teškoj sredini kad se jalova komponenta javlja u vidu tzv. „teškog serpentina“ koji pokazuje istu ili sličnu zapreminsku masu kao ruda magnezita te se ne postiže dovoljna oština razdvajanja zrna u uređaju za separaciju. U ovom slučaju se i na ovim klasama prethodno primenjuje ručno ili mehaničko izdvajanje i odbacivanje jalovine pre gravitacijske koncentracije ovih klasa u teškoj tečnosti ili se ona obavlja sa dekarbonizovanim ulazom.

Krupna klasa iznad 60(30) mm težinski je najviše zastupljena u rovnoj rudi i ima najniži sadržaj  $\text{SiO}_2$ . Zastupljena je, uglavnom, korisnom Komponentom — magnezitom sa nešto malo primеšane jalovine u vidu sraslih zrna magnezita i serpentina i retko, čistih zrna serpentina. Ova klasa, sama po sebi, predstavlja dobar prekoncentrat, a uz primenu ručnog odabiranja jalovine na traci često i definitivni koncentrat. Zbog svojih kvalitetnih osobina, ovu klasu ni u kom slučaju ne treba mešati sa srednjom i sitnom klasom rovne rude, ako se u daljem procesu obogaćivanja želi ostvarivanje vrhunskog kvaliteta koncentrata iz ove klase, naročito ako je prateća jalovina u rovnoj rudi tzv. „teški serpentin“.

### Zaključak

Na osnovu izloženog može se konstatovati sledeće:

— očigledno je da se iz prikaza i analize ovih uzoraka, kao i uzoraka ŠB i  $\text{K}_2\text{S}$  iz površinske eksploatacije rudnih žica i sočiva, može izvući zaključak da se jednim prilagođenim tehnološkim procesom u jednom istom postrojenju za prethodno obogaćivanje magnezita, obezbeđuje prekoncentracija, a i koncentracija magnezita na krupnoj klasi, jamske i površinske rovne rude. Naravno, najznačajnijim radom postrojenja sa odgovarajućim ulazima. Za svako konkretno ležište i rovnu rudu magnezita mora da se nađe optimalni tehnološki postupak prekoncentracije kroz prethodno izvršena laboratorijska i poluindustrijska istraživanja.

— Iscrpljivanjem bogatijih magnezitnih ležišta, pripremanjem i otvaranjem siromašnih, sve se više zaoštvara pitanje obogaćivanja rovnih ruda kako u tehnološkom, tako i u ekonomskom smislu.

Postojeći tehnološki postupci u postrojenjima za obogaćivanje kvalitetnijih rovnih ruda više ne mogu u potpunosti da odgovore svojoj prvobitnoj nameni, ako se u takva postrojenja ulazi sa siromašnom rovnom rudom.

— Izlaz se mora tražiti i može naći u prethodnom obogaćivanju — prekoncentraciji takvih osiromašenih rovnih ruda i to primenom jednostavnijih i jевtinijih tehnoloških postupaka, da bi se u procesu definitivne koncentracije održalo približno težinsko iskorišćenje ulaza kao pri ranijem radu sa bogatijim rudama, odnosno da bi se obezbedila ekonomika njihove eksploatacije i valorizacije.

### SUMMARY

#### The Position and Importance of Preconcentration in Upgrading and Recovery of Low Grade Magnesite Ores

Preliminary upgrading — preconcentration of raw run of mine magnesite ores is becoming an indispensable procedure in upgrading low grade magnesite ores and deposits.

The author deals with this problem from the techno-economic standpoint, outlines the procedure and advocates for universal application of this method in mining vein and stockwork types of magnesite deposits in our country.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Stellung und Bedeutung der Voranreicherung, Anreicherung und Aufwertung von armen Magnesiterzen

Die Voranreicherung von Magnesitroherzen wird ein notwendiges Verfahren zur Anreicherung von armen Roherzen in den Magnesitlagerstätten.

Der Verfasser bearbeitet dieses Problem von technisch-ökonomischem Standpunkt, gibt eine Darstellung von Arbeitsverfahren und befürwortet eine Universalanwendung dieses Verfahrens beim Abbau von Gang- und Stockwerktypen der Magnesitlagerstätten in unserem Lande.

## РЕЗЮМЕ

### Место и значение предварительного обогащения в процессе обогащения и повышения стоимости бедных руд магнезита

Предварительное обогащение — предконцентрация рядовой руды магнезита становится необходимым этапом в процессе обогащения бедных руд и месторождений магнезита.

Автор разрабатывает эту проблему с техническо-экономической точки зрения, даёт описание рабочего процесса и отстаивает точку зрения универсального применения этого метода при эксплуатации жильных и прочих магнезитовых месторождений в нашей стране.

## Literatura

1. Miloradović, S., 1974: Korišćenje magnezitne rude iz odlagališta rudnika Šumadija. — „Rudarski glasnik“ br. 2/74, Beograd.
2. Miloradović, S., 1975: Problematika osvajanja proizvodnje magnezita iz ležišta štokverknog tipa u SR Srbiji. — „Vatrostalni materijali“ br. 1/75.
3. Idejni tehnički projekat pretkoncentracije i koncentracije mrežastog magnezita Beli Kamen. — Rudarski institut, Beograd, i Rudnik „Šumadija“, 1977.
4. Ivanković, D., Stefanović, D., 1977: Iznalaženje dopunskih metoda koncentracije magnezita iz jalovine depoa i odlagališta separacije magnezita Goleš. — Zbornik radova 6. jugoslovenskog simpozijuma PMS.
5. Studija mogućnosti koncentracije magnezita iz ležišta Liska i Krive Strane. — Institut vatrostalnih materijala, Kraljevo, 1977.
6. Miloradović, S., 1977: Problemi uvođenja flotacijske koncentracije magnezita u okviru „Magnohroma“. — „Vatrostalni materijali“ br. 2/77.
7. Izveštaj o laboratorijskim i poluindustrijskim ispitivanjima mogućnosti koncentracije magnezita postupkom flotiranja na uzorcima „Prekoncentrat gravitacijske koncentracije lake frakcije“ i sitna klasa  $-1,5 + 0$  mm iz separacije „Šumadija“. — Rudarski institut, Beograd, 1977.
8. Laboratorijska ispitivanja mogućnosti koncentracije magnezitskih prekoncentrata iz rovnih ruda sa površinskih kopova i jama ležišta „Brezak“ i „Kovilače“. — Rudarski institut, Beograd i Rudnik „Šumadija“, 1979.
9. Studija valorizacije siromašnih ruda magnezita u rudniku „Šumadija“. — Institut vatrostalnih materijala, Kraljevo, 1980.
10. Tehnološka ispitivanja mogućnosti pretkoncentracije i koncentracije magnezita iz štokverknog ležišta „Mramor“. — Institut vatrostalnih materijala, Kraljevo, 1980.
11. Izveštaj o laboratorijskim ispitivanjima mogućnosti pretkoncentracije i koncentracije rovne rude magnezita rudnika „Magnezit“ — Titovo Užice, lokalnost „Konjske Torine“, Rudarski institut, Beograd, 1980.

Autor: mr inž. Stevan Miloradović, SOUR Magnohrom — Vatrostalni materijali, Kraljevo

Recenzenti: dr inž. D. Ivanković i dipl.inž. T. Kostić, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 11.4.81, prihvaćen 12.5.81.

UDK 628.83/.84 + 628.511  
Primenjeno—razvojni rad

## TEHNIČKO REŠENJE OTPRAŠIVANJA PRIMENOM SISTEMA ASPIRACIJE I FILTRACIJE U POGONIMA ZA AGLOMERACIJU METALURŠKOG KOMBINATA SMEDEREVO

(sa 3 slike)

Dr inž. Ivan Ahel – dipl.inž. Dragoljub Urošević – mrmat. Dušan Bratićević – dipl.inž. Dušan Vitorović – dipl.inž. Miodrag Stanković – dipl. inž. Milutin Jovanović – dipl.inž. Vladimir Manić – inž. Slobodan Savić

### Uvod

Učestala upozorenja poslednjih godina, na opasnost od agresivnog uticaja mineralnih prašina na zdravlje industrijskih i rudarskih radnika, ukazuju na potrebu da se konkretnije i sveobuhvatnije pristupi definitivnijim rešenjima problema zaprašenosti. Tačan stepen opasnosti nije ni do danas poznat, ali dosadašnja skupljena informatika i istraživanja koja su obavljena pokazuju da je situacija prilično kritična, naročito u pogonima pripreme mineralnih sirovina (drobilična postrojenja, aglomeracije i sl.).

Merenja obavljena u jugoslovenskim pogonima (Rudnik bakra Majdanpek, Rudarsko-topioničarski basen Zajča, Metalurški kombinat Smederevo, RMHK Trepča i dr.), govore da koncentracije prašine prelaze više desetina puta dozvoljene normative. Osnovni problem kompleksne zaštite od prašine u savremenim pogonima za aglomeraciju vezan je za sisteme aspiracije i filtracije. Aspiracioni sistemi pokazuju izrazito povoljne efekte ukoliko rade u tehnološkim uslovima, pri kojima se ne izdvaja velika količina vodene pare. Međutim, efekti su izrazito nepovoljni kod rada sa medijumom prašina–para–vazduh, ukoliko se ne predvide sve okolnosti, koje direktno ili indirektno utiču na kvalitet rada. S obzirom da u pogonima

za aglomeraciju, aspiracioni sistemi rade sa smešom zaprašenog vazduha i vodene pare, neophodno je posvetiti im posebnu pažnju, kako u fazi projektovanja, tako i u fazi eksploatacije.

Poslednjih godina se u Rudarskom institutu, odnosno Zavodu za ventilaciju i tehničku zaštitu, intenzivno radi na usavršavanju postojećih i iznalaženju novih metoda otprašivanja, naročito u pogonima železara. U tom smislu je urađeno nekoliko studija i tehnoloških projekata. Realizacija ovih projekata očekuje se krajem 1981. godine.

Želeći da informišu širu stručnu javnost o pristupima kod analize i rešavanja problematike otprašivanja primenom aspiracionih sistema u pogonima za oplemenjivanje mineralnih sirovina, autori su za primer uzeli tehničko rešenje otprašivanja u pogonu aglomeracije u Metalurškom kombinatu Smederevo.

### Osnovni principi tehničkog rešenja

S obzirom da je aspiracioni sistem jedan od najuticajnijih faktora na stanje zaprašenosti u aglomeracionim objektima, kod izrade tehničkog rešenja bila je neophodna detaljnija analiza sa sledećih aspekata:

- parametri koji utiču na određivanje količina smeša zaprašenog vazduha i vodene pare u aspiracionom sistemu i to: tehnološko-tehnički (elementi tehnologije i geometrije pretovara aglomerata), fizičko stanje vlažnog vazduha i strujanja vazduha ispod prekrivke pod uticajem vazdušne indukcije, razmene topote i sadržaja vlage u smeši
- specifičnost transporta smeša zaprašenog vazduha i vodene pare
- izbor postupaka za sprečavanje kondenzacije u aspiracionim cevovodima
- određivanje optimalnih količina aspiracione smeše za svako odsisno mesto i
- postupak prečišćavanja (filtriranja) zaprašenog vazduha u prisustvu vodene pare.

Rezultati, dobijeni analizom kroz navedene aspekte, omogućili su da se priđe projektovanju aspiracionih sistema za otprašivanje na daleko egzaktniji način, nego što je to rađeno u dosadašnjim postupcima projektovanja.

Treba napomenuti da je u prethodnom postupku ispitana i mogućnost izmene jednog dela tehnologije u procesu aglomeracije, kako bi se izbegla pojava velikih količina vodene pare zajedno sa zaprašenim vazduhom. Međutim, u sadašnjoj situaciji Kombinata nisu bile moguće nikakve tehnološke izmene hlađenja aglomerata, te je pojava vodene pare neminovna, a rešenje otprašivanja moralo je da se prilagodi za sistem: para-vazduh-prašina. Ovde takođe treba napomenuti da bi se problem otprašivanja daleko efikasnije rešio, ukoliko bi se izmenila tehnologija transporta ohlađenog aglomerata.

Međutim, kako je preko merna zaprašenost u radnim sredinama nalagala hitnu intervenciju, pristupilo se eksperimentalnim radovima da bi se proverili neki efekti dosadašnjih istraživanja, a sve zbog složenosti koju izaziva pojava vodene pare u medijumu prašina-vazduh.

Principi koje su potvrdili eksperimentalni radovi mogu se definisati kroz sledeće zadatke:

- povećati količine aspiracione smeše
- aspiracioni sistemi treba da su što kraći, a cevovodi da imaju pad prema filtru
- povećati do određenih granica brzine strujanja smeše u aspiracionim sistemima
- omogućiti čišćenje cevovoda hidrauličnim ili mehaničkim putem i
- odabrati odgovarajuće filtre u kojima ne

dolazi do nagomilavanja odvojene prašine pod dejstvom vodene pare.

Na ovaj način dobijene su osnovne smernice za izradu tehničkog rešenja otprašivanja primenom aspiracionih sistema.

Postupak izrade rešenja sastojao se iz sledećih pet poglavljija:

- u prvom delu urađena je analiza mogućnosti aktiviranja postojećih aspiracionih sistema, uz obezbeđenje funkcionalnog stanja permanentnim održavanjem
- drugi deo sadrži proračune količina vazduha za aspiraciju za sva pretovarna mesta
- treći deo je kritička ocena projektovanog i izvedenog stanja sa stanovišta potrebnih količina vazduha i konstruktivnih karakteristika
- četvrti deo je odgovor na postavljeni zadatak, odnosno tehničko rešenje za sve aspiracione sisteme u analiziranim objektima i
- peti deo je predmet i predračun sa specifikacijom opreme.

#### Analiza mogućnosti aktiviranja postojećih aspiracionih sistema za otprašivanje

Zadatak se sastojao u čišćenju cevovoda, proveri ispravnosti filtersko-ventilatorskog uređaja, puštanju aspiracionih sistema u pogon, merenju njihovih karakteristika, konstatovanju uzroka koji dovode do obustave rada i oceni efekata aspiracionih sistema.

Analizirano je devet aspiracionih sistema, sa ukupno 43 odsisna mesta. Svi aspiracioni sistemi su ugrađeni u sledeća tri objekta:

- 217 — doziranje prvog povratka i hlađenje aglomerata vodom primenom bubenjastih hladnjaka
- 221 — pretovarni čvor — doziranje drugog povratka
- 213 — formiranje primarne mešavine.

Ovom analizom aspiracionih sistema konstatovano je da:

- izvedeno stanje gotovo na svim mestima ne odgovara projektovanom
- radne karakteristike znatno su manje (50–70%) od normalnih usled začepljenja cevova i filtera

Tablica 1

PRORACUN KLICINA VAZDULJA ZA ASPIRACIJU – PCDEL 2  
RADNA ORGANIZACIJA – METALIRSKI KOMBINAT SMEDEREVC  
OBJEKAT – AGLomeracija-233  
NAZIV PRETCVARAC PESTA – TANJIRASTI CCCAVACI – TRANSPRETEFI PS-1 I 2

REZULTATI

OZNAKA	CBJASNJENJE	DIMENSIJA
VCG	PCETINA BEZINA KRETANJA MATERIJALA U GCRNACJ SKLIZNICI ***	P/S
VKG	KRAJNJA BRZINA KRETANJA MATERIJALA L GCRNACJ SKLIZNICI ***	P/S
VGD	POCEINA BEZINA KRETANJA MATERIJALA L CCNACJ SKLIZNICI ***	P/S
VKD	KRAJNJA BRZINA KRETANJA MATERIJALA L CCNACJ SKLIZNICI ***	P/S
WG	BEZINA STIFLJANJA VAZDUHA U GCRNACJ SKLIZNICI ***	P/S
WD	BRZINA STIFLJANJA VAZDUHA U DCNACJ SKLIZNICI ***	P/S
AG	PRESECNE LEPZANE U GCFNACJ SKLIZNICI ***	P/S
AC	PRESECNE LERZANE U CCNACJ SKLIZNICI ***	P/S
HG	UKUPNA VISINA GCRNACJ SKLIZNICI ***	P/S
HC	UKUPNA VISINA DCNACJ SKLIZNICI ***	P/S
KSID	KCEFFICIENAT LCKALNOG CTPCA CONJE PRETCVARA ***	P/S
RCUG	SPECIF. GLISTINA VAZDUHA NA TEMPERATU L GCRNACJ SKLIZNICI ***	KG/V3
ROUD	SPECIF. GLISTINA VAZDUHA NA TEMPERATU L UCCAJCJ SKLIZNICI ***	KG/V3
RCS	SPECIF. GLISTINA VAZDUHA NA TEMPERATU L FRCSTCFJU ***	KG/V3
ROB	SPECIF. GLISTINA VAZDUHA NA TEMPERATU L HLAČNJAKU ***	KG/V3
TG	TEMPERATURA VAZDUHA U GCRNACJ SKLIZNICI ***	KG/KG
TUD	TEMPERATU PARCVAZELNE SWESU U DCNACJ SKLIZNICI ***	KG/KG
TB	TEMPERATU PARCVAZELNE SWESU L HLAČNJAKU ***	KG/KG
MS	SACRAJ VLAGE U ZASICNCH VAZDULU NA TEPP. L FRCSTCFJU ***	KG/KG
MUG	SACRAJ VLAGE U ZASICNCH VAZDULU NA TEPP. L GCFNACJ SKLIZN	KG/KG
PUD	SACRAJ VLAGE U ZASICNCH VAZDULU NA TEPEFATU L HLAČNJAKU ***	KG/KG
MB	ENTAPIJA L HLAČNJAKU ***	KG/KG
IB	TOPLICINI FRITSAK U GCRNACJ PRETCVAFEL ***	N/V2
PTG	TOPLICINI FRITSAK U CCNACJ PRETCVAFAR ***	N/V2
PTD	EJERICKNI PRITISK L GCRNACJ PRETCVAFAR ***	N/V2
PED	EJERICKNI PRITISK L CCNACJ PRETCVAFU ***	N/V2
G-G	KCLIC. VAZDUHA KCJA PRLAZI KRCZ NEFERN. GCRNACJ FREKRIKE ***	KG/S
GHB	KCLIC. VAZDUHA KCJA PRLAZI KRCZ NEFERN. GCRNACSTI HLAČNJAKA ***	KG/S
GHO	KCLIC. VAZDUHA KCJA PRLAZI KRCZ NEFERN. CCNACJE FREKRIKE ***	KG/S
GM	KCLIC. VAZDUHA KCJA CCIAZI SA MATERIJ. IZ GCRNACJ PRETCVARA ***	KG/S
GO	KCLIC. VAZDUHA KCJA CCIAZI SA MATERIJ. IZ CCNACJ PRETCVARA ***	KG/S
GS	KCLICINA VAZDUHA KCJA IZLAZI IZ HLAČNJAKA ***	KG/S
GG	KAPACITET CTISISNC PESTA NA GCRNACJ PREKRVCI ***	KG/S
GB	KAPACITET CTISISNC PESTA NA HLAČNJAKU ***	KG/S
GD	KAPACITET CTISISNC PESTA NA DCNACJ PREKRVCI ***	KG/S
GU	UKUPNI KAPACITET ASPIRACIJE ZA PRETCVARAC PESTA ***	KG/S
	PCTREBNA CCISISNC PESTA ***	S C
	SPER KRETANJA VAZDUHA L GCRNACJ SKLIZNICI ***	DOLE
	SPER KRETANJA VAZDUHA U CCNACJ SKLIZNICI ***	CCLE

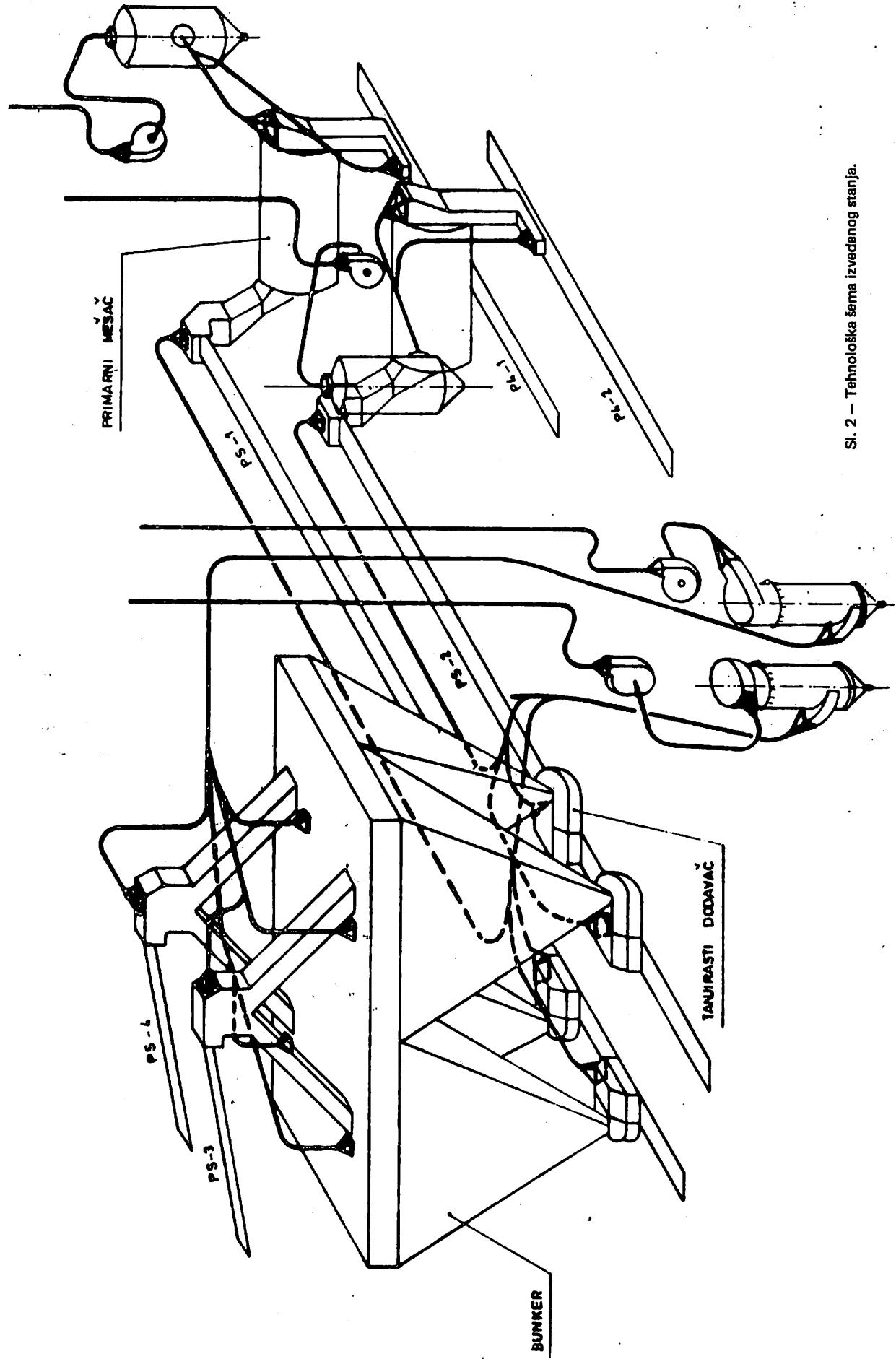
PRORACUN KOLICINA VARELJA ZA ASPIRACIJU - PCCEL 2  
 RAĐNA ORGANIZACIJA - METALURSKI KOMBINAT SPECEREC  
 OBJEKAT - AGLOMERACIJA-213  
 NAZIV PRETOVARAC PESTA - TANJIRASTI DECAVACI - TRANSFERTERI P-1 1  
 PODACI ZA PRIRACUN

CATLN CBRACE 21.11.78.

OZNAKA	OBJASNJENJE	STAVKA	OPIS	POZICIJA	STAVKA	OPIS	POZICIJA	
L	NAJKRACE RASTOJANJE CC CEE BUBLA CC CECNE PREKIVE	P	0.0	1	C.0	0.0	5	
VT	BRZINA KRETAJU MATERIJALA NA ECCE TU PRETEVARA.	P/S	0.0	2	C.0	0.0	0.0	
HL	VISINA CECNE PREKIVE	0.0	0.0	3	C.0	0.0	0.0	
ALFAP	UGAC CECNE PREKIVE FREPA HORIZONTALI	90.000	4	C.0	0.0	0.0	0.0	
ZP	KEFICIENT TRENJA MATERIJALA C ZIC CECNE PREKIVE	90.000	5	C.0	0.0	0.0	0.0	
HP	VISINA CIJEKTIC PACA MATERIJALA U GCRAJEV PRETEVARU	0.0	6	C.0	0.0	0.0	0.0	
HS	VISINA CIJEKTIC PACA MATERIJALA U CNJEV PRETEVARU	0.0	7	C.0	0.0	0.0	0.0	
G	KCLICINA MATERIJALA PRE HLACENJA	KG/S	0.0	8	C.0	0.0	0.0	0.0
GI	KCLICINA MATERIJALA PCSLE HLACENJA	KG/S	0.0	9	C.0	0.0	0.0	0.0
GV	KCLICINA VCE KCJA SE CCE POSE HLACENJA	KG/S	0.0	10	C.0	0.0	0.0	0.0
GVI	KCLICINA VCE KCJA CSTAJE POSLE HLACENJA	KG/S	0.0	11	C.0	0.0	0.0	0.0
D	PROSEČNA VELICINA KOMADA MATERIJALA	PP	0.0	12	C.0	0.0	0.0	0.0
ROM	SPECIFICKA GLISTNA MATERIJALA	KG/M <sup>3</sup>	0.0	13	C.0	0.0	0.0	0.0
KSICD+	KCEFICIENT LCKANOG CTPRA LSLEC DVSTRKE HERMETIZACJE	N	0.0	14	C.0	0.0	0.0	0.0
FC	PCPRECI PRESEK CIVCRA NA MESTI UGRADJE CENE PREGRADJE	N	0.0	15	C.0	0.0	0.0	0.0
F	PCPRECI PRESEK CIVCRA ZA ULAZ MATERIJALA U HLACJAK	N/M <sup>2</sup>	0.0	16	C.0	0.0	0.0	0.0
FO	PCPRECI PRESEK CIVCRA ZA ULAZ MATERIJALA U COAJL PREKRIVKU	N	0.0	17	C.0	0.0	0.0	0.0
FG	UKUPNA PVFSINA NEHERMETICNOSTI CORAJEC PREKIVARA	N	0.0	18	C.0	0.0	0.0	0.0
FB	UKUPNA PVFSINA NEHERMETICNOSTI HLACENJAKA	N	0.0	19	C.0	0.0	0.0	0.0
FC	UKUPNA PVFSINA NEHERMETICNOSTI CCJEG PREKIVARA	N	0.0	20	C.0	0.0	0.0	0.0
PG	PCCPRTISAK U ZCNI GCRAJEV PREKIVE	N/M <sup>2</sup>	0.0	21	C.0	0.0	0.0	0.0
PB	PCCPRTISAK U ZCNI CCJEG PREKIVE	N/M <sup>2</sup>	0.0	22	C.0	0.0	0.0	0.0
PD	PCCPRTISAK U ZCNI CCJEG PREKIVE	N/M <sup>2</sup>	0.0	23	C.0	0.0	0.0	0.0
TP	TEMPEFALI MATERIJALA PRE HLACENJA	CC	0.0	24	C.0	0.0	0.0	0.0
TP1	TEMPERALI MATERIJALA PCSLE HLACENJA	CC	0.0	25	C.0	0.0	0.0	0.0
TS	TEMPERALI VAZELA L PCSCTRI	CC	0.0	26	C.0	0.0	0.0	0.0
TV	TEMPERALI VCE PRE HLACENJA	CC	0.0	27	C.0	0.0	0.0	0.0
TVI	TEMPERALI VCE PCSLE HLADENJA	CC	0.0	28	C.0	0.0	0.0	0.0
CPM	SPECIFICKA TCPICA MATERIJALA	KJ/KGC	0.0	29	C.0	0.0	0.0	0.0
X	SACRZAJ VLAGE U CHLACJENM MATERIJALU	KG/KG	0.0	30	C.0	0.0	0.0	0.0
B	KCEFICIENT SIGNOSTI	0.0	31	C.0	0.0	0.0	0.0	
ALFA	1 CEC GENJE SKLIZNICE - UGAC FREPA HORIZN ALI	STEPENI	90.000	32	C.0	0.0	90.000	0.000
Z	1 CEC GCRAJE SKLIZNICE - POPRECNI TRENAJA	M <sup>2</sup>	0.510	33	C.0	0.0	0.510	5.100
F	1 CEC GCRAJE SKLIZNICE - POPRECNI PRESEK	M <sup>2</sup>	0.500	34	C.0	0.0	0.500	0.500
H	1 CEC GCRAJE SKLIZNICE - VISINA	M	0.500	35	C.0	0.0	0.500	0.500
BETA	1 DEC DCJJE SKLIZNICE - UGAC FREPA PCPZEN ALI	STEPENI	90.000	36	C.0	0.0	90.000	0.000
Y	1 CEC CONJE SKLIZNICE - KOFICIENT TRENAJA	M <sup>2</sup>	0.510	37	C.0	0.0	0.510	5.100
P	1 CEC CONJE SKLIZNICE - POPRECNI PRESEK	M <sup>2</sup>	0.500	38	C.0	0.0	0.500	0.500
U	1 DEC CONJE SKLIZNICE - VISINA	M	0.500	39	C.0	0.0	0.500	0.500

I.Ahel i dr.: Otprašivanje u pogonima za aglomeraciju MK Smederevo, RG 2(20), str. 59-69, 1981.

Tablica 2



Sl. 2 – Tehnološka řema izvedenog stanja.

- konstrukcija mreža skoro svih aspiracionih sistema je nepravilna
- sa teoretskog i praktičnog stanovišta svi instalirani sistemi ne mogu da funkcionišu bolje nego što daju snimljene karakteristike i
- opšte stanje aspiracionih sistema je izrazito nepovoljno.

#### Proračun količina vazduha za aspiraciju

Proračun potrebnih količina vazduha za aspiraciju urađen je po egzaktnoj metodologiji koja je matematički modelirana i programirana za rad sa elektronskim računarima.

Analizom geometrije pretovara i svih tehnoloških pokazatelja obuhvaćeni su svi karakteristični momenti koji opisuju tehnologiju aspiracije i aerationu situaciju.

Proračunom su obuhvaćena sva aspiraciona mesta u pomenutim objektima kroz pet varijantnih rešenja. Svaka varijanta analizirana je sa stanovišta stepena hermetizacije, kontinuiteta i diskontinuiteta pretovara, obezbeđenja stanja pritiska pod prekrivkom i termodinamičkog stanja u sistemu pretovara. Izbor najpogodnije varijante rezultat je logičke analize dobijenih rezultata i tehničkih zahteva, za svaku varijantu, čime je procenjen najpovoljniji rezultat i sa aspekta tehnološke sigurnosti.

Dobijene količine vazduha poslužile su za analizu projektovanog i izvedenog stanja, kao i za izradu tehničkog rešenja otprašivanja primenom aspiracionih sistema, jer se sa sigurnošću može smatrati da je korišćena metodologija povoljnija od metoda koje je koristila dosadašnja praksa.

U tablicama 1 i 2 dat je primer proračuna količina vazduha za aspiraciju po usvojenoj metodologiji. Izlazni dokument dorade na kompjuteru dat je na 2 lista. Na prvom listu — tablica 1 su ulazni podaci, a na drugom — tablica 2 rezultati obrade, sredeni po varijantama (po pet kolona na svakom listu).

#### Ocena projektovanog i izvedenog stanja

Za analizu projektovanog i izvedenog stanja aspiracionih sistema korišćeni su dokumentacioni materijali projektanta (projektovano stanje) i izvo-

dača radova (izvedeno stanje), a osnova za upoređivanje su rezultati dobijeni proračunom potrebnih količina vazduha.

Na tablici 3 prikazane su vrednosti količina vazduha za aspiraciju kod projektovanog, izmernog i predloženog tehničkog rešenja, za sva analizirana odsisna mesta.

Analizom ovakvog dokumentacionog materijala došlo se do sledećih zaključaka:

- gotovo svi projektovani aspiracioni sistemi su nezadovoljavajuće tehničko rešenje, pošto transportuju zaprašeni vazduh i paru, te je kondenzacija u njima neminovna. Projektant nije predviđeo mogućnost uklanjanja kondenzata, niti mere za sprečavanje kondenzacije

- izvedeni aspiracioni sistemi predstavljaju, takođe, nezadovoljavajuće tehničko rešenje, kako sa aspekta količina vazduha, tako i sa aspekta geometrijskih karakteristika

- izvedeno stanje svih aspiracionih sistema se veoma razlikuje od projektovanog. Osnovna razlika je u koncepcijском rešenju pripadajućih odsisnih mesta, a samim tim i u geometrijskim karakteristikama mreže sistema.

Razlozi za ovako nastalu situaciju nisu traženi, već se ukazalo na posledice. Promenom konfiguracije aspiracionih sistema došlo je do velikih promena u otporima pojedinih ogrankaka (a samim tim i sistema) i nepravilne raspodele vazduha po ograncima. Ove promene uticale su direktno na brzine strujanja smeše para—prašina—vazduh, a kako je ova smeša vrlo nepodesna za duge transporte, sistemi su izgubili funkcionalnost. Ovom treba dodati i neadekvatnu izradu elemenata mreže aspiracionih sistema (račve, kolena i dr.), kao i neadekvatnu hermetizaciju odsisnih mesta i cevova.

Održavanje sistema, koje je jedan od osnovnih uslova za funkcionalan rad, nije pravilno sprovedeno, te su i onako loše izvedeni sistemi bili osuđeni na brzo izbacivanje iz rada.

Konačan zaključak izvršene analize bio je: sve aspiracione sisteme u objektima 213 i 221 treba iz osnova rekonstruisati, dok u objektu 217 treba sprovesti manje rekonstrukcione radove.

Na slikama 1, i 2 date su tehnološke šeme projektovanih i izvedenih aspiracionih sistema u objektu 213 na kojima se mogu uočiti sve navede-

## Uporedna analiza projektovanih, izmerenih i tehničkim rešenjem Rudarskog instituta predviđenih količina vazduha za aspiraciju

Tablica 3

Objekat	ODSISNO MESTO		Broj odsisnih mesta	Kapacitet po odsisnom mestu m <sup>3</sup> /h			Razlika po odsis. mestu m <sup>3</sup> /h	
	Tip	Naziv		Projektovano	Izmerno	Tehničko rešenje RI	(7-5)	(7-6)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
217	1	Na krajevima aglomašina	2 x 2	15000	14800	17000	2000	220
	2	Na mobalansnim sitima	2 x 2	40000	35000	40000	0	500
	3	Na bubenjastim hladnjacima	2 x 1	30000	25000	32000	2000	700
	4	Na transporterima PS-3 i PS-4	2 x 2	8000	9300	12000	4000	270
	1	Na kraju transportera OA	1 x 1	1500	0	2500	1000	250
	2	Na transporterima P3-1 i P3-2	2 x 1	1800	0	6300	4500	630
221	3	Na krajevima transportera P3-1 i P3-2	2 x 1	0	5200	4000	4000	-120
	4	Na transporterima PS-3 i PS-4	2 x 2	1800	0	7000	5200	700
	1	Na krajevima transportera PS-3 i PS-4	2 x 1	6000	4200	8300	2300	410
	2	Na bunkerima	4 x 1	5000	3500	10000	5000	650
213	3	Na tanjurastim dodavačima	4 x 1	5000	2000	6500	1500	450
	4	Na krajevima transportera PS-1 i PS-2	2 x 1	7000	5500	7000	0	150
	5	Na primarnim mešaćima	2 x 1	16000	12000	23000	7000	1100
	6	Na transporterima P4-1 i P4-2	2 x 1	7000	2000	10000	3000	800

ne razlike, odnosno svi navedeni nedostaci. S obzirom na obimnost ostali analizirani objekti se ne prikazuju.

### Tehničko rešenje

Analizom tehnoloških i konstruktivnih karakteristika projektovanog i izведенog stanja definisan je projektni zadatak za rekonstrukciju i izgradnju novih aspiracionih sistema u svim navedenim objektima. Zaključci ovih analiza takođe su sugerirali određene postupke u rešavanju projektnog zadatka u vezi količina vazduha, geometrije cevovoda, izbora filtera i čišćenja i održavanja sistema.

Proračun sistema mogućih rešenja za količine vazduha za aspiraciju primenom elektronskog računara i izbor najpogodnije varijante odredili su osnovne pokazatelje tehničkog rešenja.

Predloženo tehničko rešenje je rezultat detaljne analize svih uticajnih parametara i primenjeno je u neizmenjenoj prostornoj situaciji objekata 213, 217 i 221.

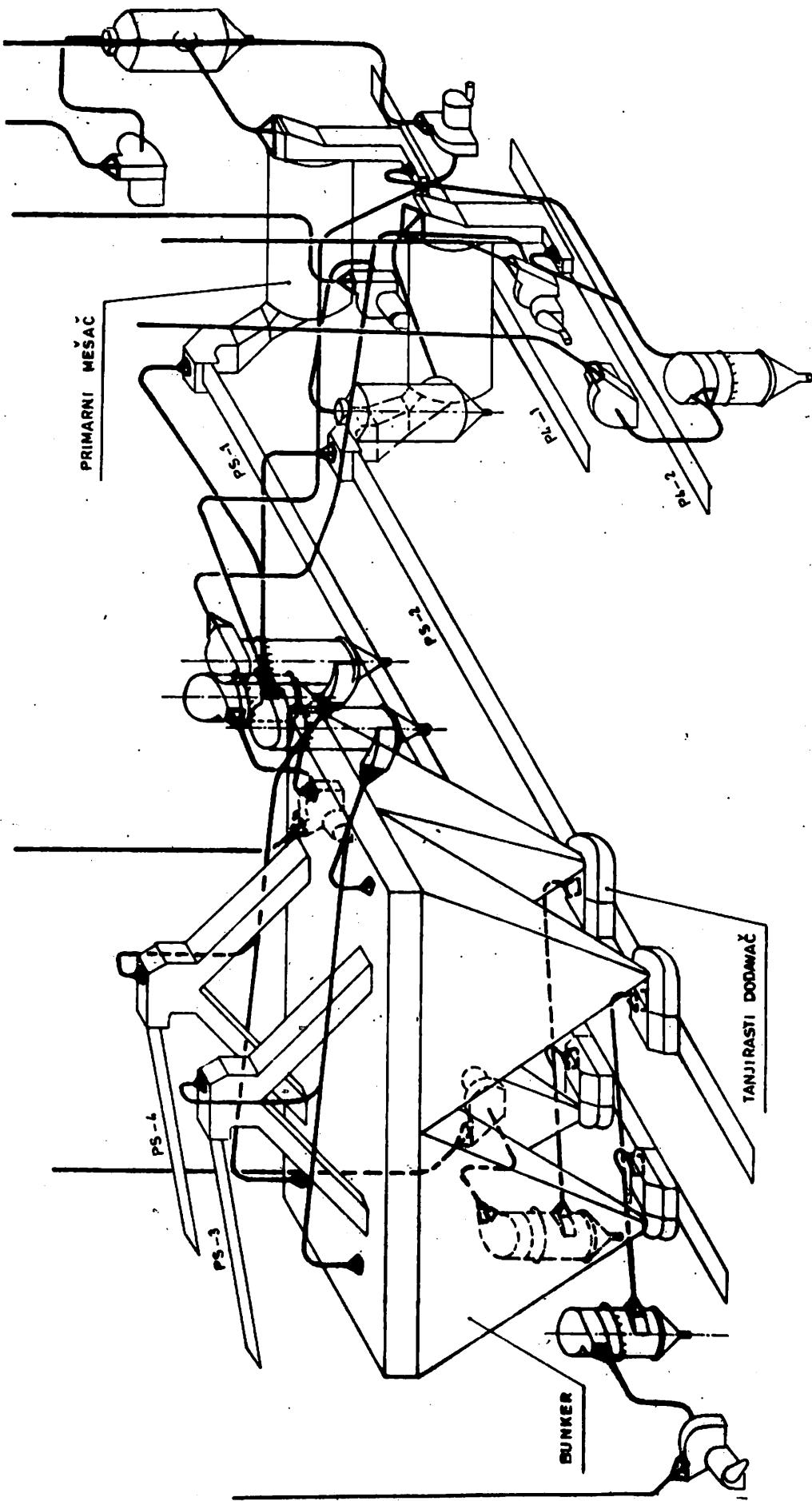
Osnova za ocenu uspešnosti predloženog tehničkog rešenja je tablica 3 u kojoj su date

uporedne vrednosti. Kako se iz tablice vidi količine vazduha za aspiraciju kod predloženog tehničkog rešenja su veće u proseku za oko 30%. Ova razlika je jedan od važnijih momenata nefunkcionalnosti postojećih aspiracionih sistema, ali ne i presudna. Važno je napomenuti da povećane količine vazduha za aspiraciju nisu jedini niti presudni momenti za rešavanje kompleksa otprašivanja, jer ocenjujući težinu uticaja drugih faktora konstatovano je da izrazito značajnu ulogu imaju uslovi transporta zaprašenog vazduha sa vodenom parom u cevovodima aspiracionih sistema.

Da bi se sprečilo kondenzovanje vodene pare u cevovodima aspiracionih sistema razmatrana su i rešenja sa zagrevanjem prostorija u kojima su instalirani aspiracioni sistemi ili zagrevanjem vazduha unutar aspiracionih sistema.

Međutim, investitor nije bio u mogućnosti da prihvati ovakva tehnička rešenja, pa je problem kondenzacije i taloženja prašine u cevovodima prihvatan kao neminovna činjenica koju treba rešiti.

Zadatak se sastojao u iznalaženju metoda čišćenja nataložene prašine u cevovodima. Sistem cevovoda analiziran je kao predfiltr sa dobrim efektom ukoliko bi se ugradile odgovarajuće mlaz-



Sl. 3 – Tehnološka šema tehničkog rešenja Rudarskog instituta, Beograd.

nice za spiranje nataložene prašine. U toku eksperimentalnih radova proveren je efekat filtracije cevovoda i izvučeni su potrebni zaključci za dalje korišćenje ovog fenomena.

Mehaničko čišćenje nataložene prašine je nepodesno te su kao moguće metode čišćenja cevovoda predložene sledeće:

- pranje cevovoda sistemom mlaznica čije dejstvo povećava efekat filtracije
- pranje cevovoda sistemom mlaznica ugrađenih u venturi element, čime bi se efekat filtracije cevovoda maksimalno povećao i
- vibracioni transport mulja u elastično spojenom, kratkom cevovodu pod nagibom od aspiracione haube ka filteru. Ovaj sistem radio bi sa dodatnom količinom vode u cilju lakšeg transporta.

Analizirajući svu navedenu problematiku došlo se do zaključka da bi odgovarajuće tehničko rešenje trebalo da sadrži sledeće elementarne principi koji su i provereni eksperimentalnim radovima:

- aspiracijom obuhvatiti sve izvore prašine
- količine vazduha za aspiraciju povećati

odnosno odrediti ih po postupku koji ima egzaktnu potvrdu (matematički model)

- povećati brzine strujanja vazduha u sistemu
- aspiracioni sistemi treba da su što kraći, a cevovodi nagnuti prema filteru
- sprovesti sve tehničke mere kako bi se omogućilo čišćenje cevovoda; čišćenje cevovoda treba posebno rešavati jednim od navedenih načina
- odabrat odgovarajuće filtere, čija je pouzdanost i efektivnost u ovakvim uslovima već praktično dokazana.

Pridržavajući se navedenih principa izrađeno je tehničko rešenje koje je prikazano na slici 3.

Ono što posebno karakteriše ovo rešenje, u odnosu na projektovano i izvedeno, je dvostruko veći broj filtera. Međutim, dvostruko povećani broj filtera nije i dvostruko povećanje ukupne količine vazduha za aspiraciju, već je ono odraz navedenog principa: što kraći i nagnuti cevovodi prema filteru.

Povećanje ukupne (za objekat 213) količine vazduha iznosi oko 30%.

Praktične efekte ovog tehničkog rešenja treba očekivati krajem 1981. godine, kada se očekuje da montaža aspiracionih sistema bude završena.

## SUMMARY

### Dedusting Technical Solution by Application of Aspiration and Filtration Systems in Agglomeration Plant of Metallurgical Combine Smederevo

Frequent warnings over the past years about the hazard of aggressive effect of mineral dusts on the health of industrial and mining workers indicate the need for a more concrete and more comprehensive approach to definitive solutions of dustiness problems.

During the past years intense activities were carried out in the Department of Ventilation and Technical Protection of the Institute of Mines on the improvement of the existing and development of new methods of dedusting, particularly in steelworks plants and facilities. Several studies were completed as well as technological designs, and their realization is expected by the end of 1981.

Wishing to inform the broader professional public about the approaches in analysis and solving dedusting problems by use of aspiration systems in mineral materials upgrading facilities, the authors chose the technical solution of dedusting the agglomeration plant of Steel Combine Smederevo as an example.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Technische Lösung der Entstaubung durch Anwendung von Absaugungs- und Filterungssystem in den Agglomerationsbetrieben vom Metallurgischem Kombinat Smederevo

Immer häufiger werdende Hinweise in den letzten Jahren lenken die Aufmerksamkeit auf den aggressiven Einfluss der Minerale auf die Arbeitergesundheit in der Industrie und Bergbau und weisen auf die Notwendigkeit eines mehr konkreten und allumfassenderem Herantretens zu einer endgültigen des Verstaubungsproblems, hin.

In den letzten Jahren wird im Bergbauinstitut, Anstalt für Wetterführung und Technischen Schutz intensiv an der Vervollkommnung der bestehenden und Auffindung neuer Untersuchungsverfahren, gearbeitet. In diesem Sinne wurden auch einige Studien und technologische Projekte ausgearbeitet, die Ende des Jahres 1981 ausgeführt werden sollen.

Um die breitere Fachöffentlichkeit, wie die Analyse und die Lösung der Entstaubungsproblematik durch Anwendung des Absaugungssystems in den Veredelungsbetrieben für mineralische Rohstoffe ausgeführt wurde zu informieren, haben die Verfasser die technische Lösung des Entstaubungsproblems den Agglomerationsbetrieb im metallurgischen Kombinat Smederevo als Beispiel genommen.

## РЕЗЮМЕ

### Техническое решение обеспыливания применение м системы всасывания и фильтрации в цехах для агломераций Металлургического комбината Смедерево

Всё более частые, в последнее время, предупреждения об опасности от агрессивного влияния минеральных пылей на здоровье рабочих в промышленности и горном деле, указывают на необходимость более конкретных мероприятий для окончательного решения проблемы запыленности.

В последнее время в Рударском институте, в Отделе вентиляции и технической защиты, усиленно проводятся работы в области усовершенствования существующих и изыскания новых методов обеспыливания, в особенности в металлических целях. В этой области сделано несколько студий и технологических проектов, осуществление которых ожидается в конце 1981 года.

Желая информировать профессиональную общественность о подходе к анализу и решению проблемы обеспыливания применением всасывающих систем в цехах для обогащения минерального сырья, авторы привели пример технического решения обеспыливания в цехе агломерации в Металлургическом комбинате Смедерево.

Autori: dr inž. I. Ahel, RUŽU, Škofja Loka, dipl.inž. D. Urošević, Zavod za ventilaciju i tehn. zaštitu i mr mat. D. Bratićević i dipl.inž. D. Vitorović, Zavod za informatiku i ekonomiku u Rudarskom institutu, Beograd, dipl.inž. M. Stanković, dipl.inž. M. Jovanović, dipl.inž. V. Mandić i inž. S. Savić, MK Smederevo

Recenzent: dr inž. A. Ćurčić, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 20.4.81, prihvaćen 12.5.81.

## PRILOG PROBLEMATICI ZAŠTITE PODZEMNIH KONSTRUKCIJA OD PRITISAKA PODZEMNIH VODA

— Prikaz na primeru primarnog drobljenja Stari Trg —

(sa 7 slika)

Dipl.inž. Miloš Pribićević

*Kod izgradnje podzemnih rudarskih objekata problem uticaja i pritisaka podzemnih voda vrlo često je prisutan. Zaštita konstrukcija zavisi od više faktora i uglavnom se rešava za konkretni slučaj.*

*U ovom primeru dat je slučaj praktično potopljene objekta i problematika zaštite u izgradnji i u konačnoj fazi.*

### Uvod

Lokacije-postrojenja i mikrolokacije objekata zavise od tehnološko-tehničkih uslova eksploatacije i prerade i često se ne može odabratи najpovoljnije rešenje u pogledu terenskih uslova.

Podzemni ili duboko ukopani objekti praktično su uvek pod određenim dejstvom podzemnih voda, samo je njihov uticaj različit, zavisno od makro i mikrolokacije, nivoa podzemnih voda, vrste terena, dubine ukopavanja, vrste konstrukcije i sl.

Problem zaštite konstrukcija od podzemnih voda je uvek aktuelan i ne može se reći da postoji generalno rešenje, već se on rešava od slučaja do slučaja, uzimajući u obzir sve uticajne faktore, uz primenu uvek optimalnih rešenja.

Kod dejstva podzemnih voda na konstrukciju razlikuju se uvek dva osnovna dejstva i u skladu s tim dva oblika zaštite i to:

— zaštita od prodora vode

### — zaštita konstrukcije od hidrostatičkog pritiska

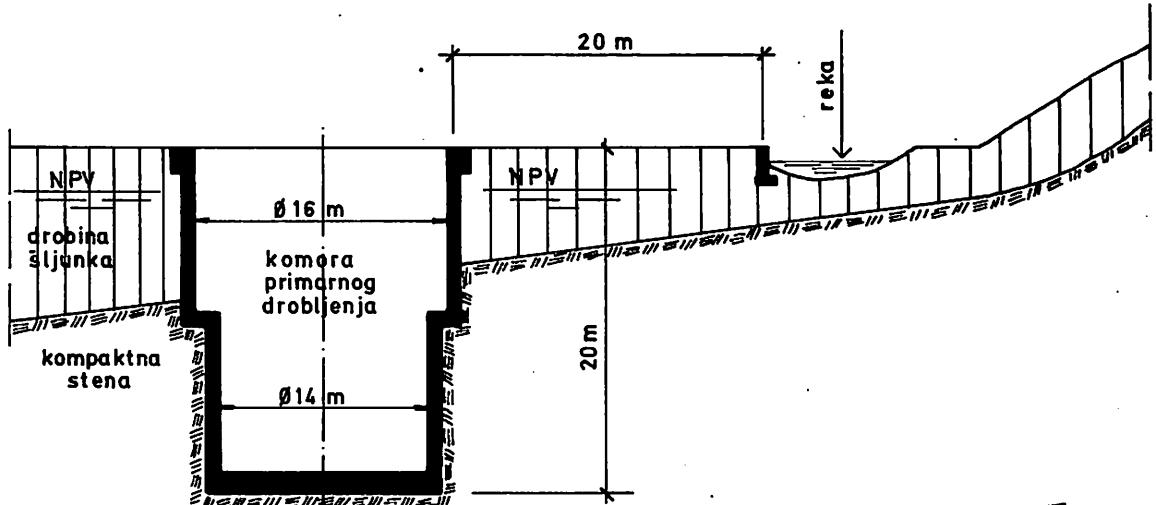
U ovom članku obrađuje se primer objekta za primarno drobljenje u Starom Trgu koji je ukopan 22 m od površine, a nalazi se neposredno kraj lokalne reke, odnosno nalazi se u vodi 20 m (sl. 1).

### Projektno rešenje

Prvi pristup problemu bio je sam projekat. Prethodna istraživanja dala su potrebne elemente za ocenu vrste konstrukcije i rešenja u celini.

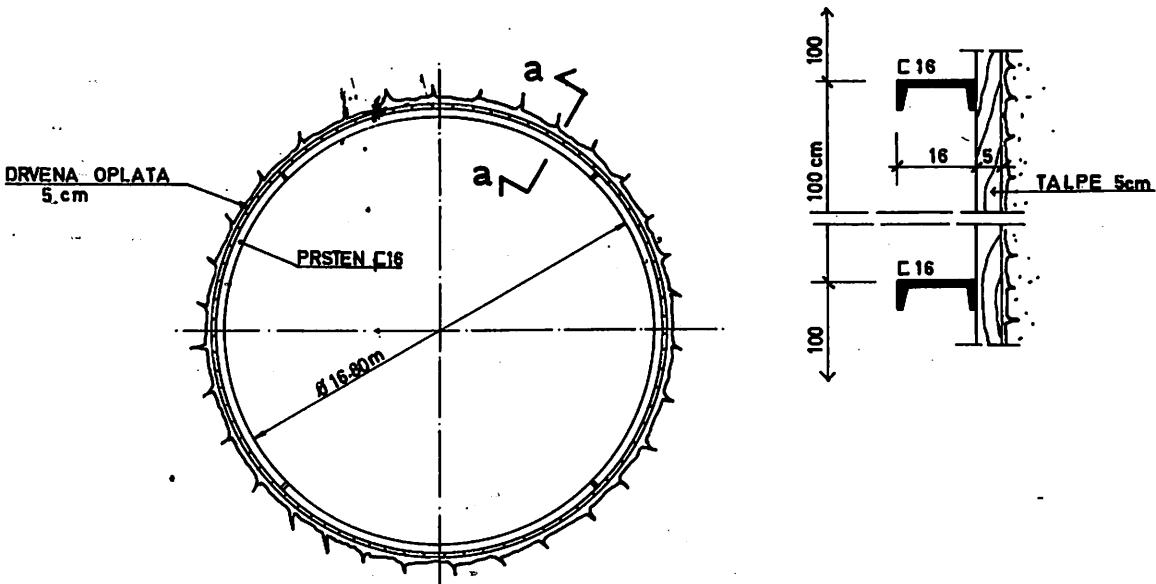
S obzirom na date uslove i tehnološke mogućnosti usvojena je konstrukcija kružnog preseka, što je, verovatno, jedinstven slučaj za ovakvu vrstu konstrukcije. Bilo je potrebno prilagoditi više mašinsko-tehnoloških rešenja da bi se zadržalo dato građevinsko rešenje.

Projekat je dao i rešenje izvođenja, međufaze, zaštitu i konačno rešenje. Kroz projekat su



Sl. 1 – Položaj objekta i reke

a-a



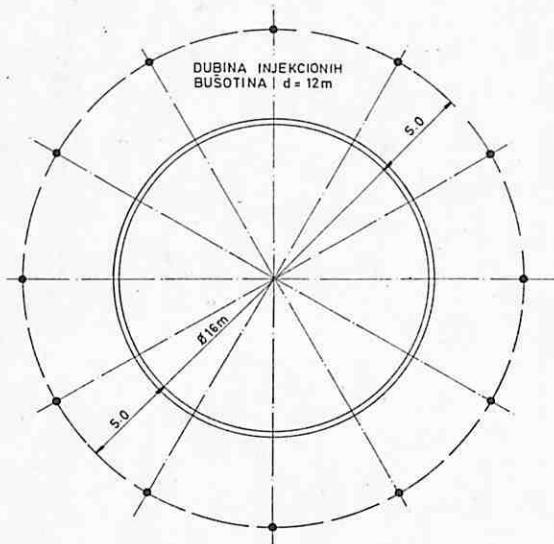
Sl. 2 – Sistem oplate pri izvođenju

korišćena prisutna savremena rešenja i u pogledu izvođenja konstrukcije i u pogledu zaštite od voda.

S pravom se može smatrati da dato rešenje spada u oblast specijalnih građevinskih konstrukcija i u pogledu konstruktivnih i tehnološko-mašinskih rešenja.

#### Izvođenje objekta

Postojanje visokog nivoa podzemnih voda, praktično izvođenja objekta u vodi, nametnulo je posebne uslove i rešenja već u samom projektu. Projekat je dao osnovne principe i uslove izvođenja. Predviđen je rad sličan kao kod izvođenja



Sl. 3 – Raspored bušotina za injektiranje

vertikalnog okna odozgo nadole, s tim što se ovde radilo o većim prečnicima ( $\phi 16,0$  i  $\phi 14,0$  m).

Zbog toga je projektovana posebna konstrukcija kao oplata i privremena noseća konstrukcija (sl. 2).

Izvođeni su pojedinačni segmenti prema dole, u visini od 1,50 m, što je obezbeđivalo sigurno izvođenje, bez obzira na terenske uslove.

Prisustvo vode zahtevalo je njeno odstranjenje u meri potrebnoj za izvođenje radova. S obzirom da je gornji sloj (od polovine nagore) bio rastresit i vodopropustan izvršen je pokušaj injekti-



Sl. 4 – Fotografija faze izvođenja

ranja njegove okoline, kao privremene mere pri izvođenju (sl. 3).

Međutim, pokazalo se da je prisustvo šljunkovitog materijala i vode onemogućilo dejstvo injektiranja i da treba primeniti druge metode.

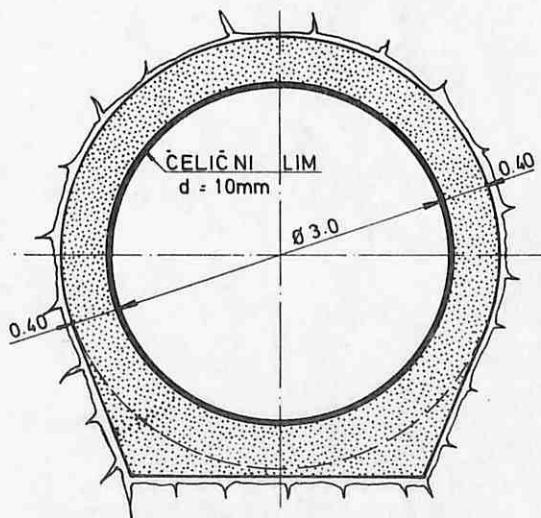
Pokazalo se, takođe, da je usvojeni princip betoniranja odozgo nadole, uz primenu crpljenja vode iz same jame, zadovoljavajuća metoda koja osigurava bezbedno izvođenje radova (sl. 4).

### Zaštita

Kako je već rečeno, zaštita je data kao obezbeđenje stabilnosti u odnosu na veliki hidrostatički pritisak i obezbeđenje prodora vode.

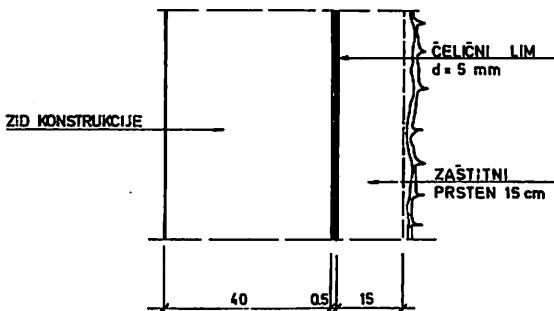
Veliki hidrostatički pritisak nametnuo je rešenje konstrukcije kružnog preseka kao statički najpovoljnijeg za ovakvu vrstu opterećenja. I izlazni tunel, iz istih razloga, ima kružni presek (sl. 5).

Poseban problem je bio rešenje zaštite od prodora vode. Izrada klasične spoljne izolacije je bila praktično nemoguća, a izrada samo vodonepropusnog betona, zbog izuzetne ozbiljnosti objekta, nije se mogla dozvoliti, jer nije postojala garancija da će biti moguće u datim uslovima izvesti takav beton u celini konstrukcije.



Sl. 5 – Konstrukcija i projektovana zaštita tunela

Primenjen je čelični lim u betonu u vidu rezervoara, što apsolutno obezbeđuje konstrukciju od prodora vode (sl. 6).



Sl. 6 – Detalj obodnog zida sa zaštitnim limom

Korektna primena lima omogućena je i usvojenim sistemom izvođenja radova, naime, u sistemu izvođenja odozgo nadole, najpre je izvođen zaštitni armirano–betonski prsten sa debjinom 15 cm, koji u fazi izvođenja predstavlja privremenu noseću konstrukciju, a u konačnoj fazi sastavni deo celokupne konstrukcije.

Nakon izvedenog zaštitnog prstena i dna, ostvaren je slobodan prostor za potpuno normalno izvođenje objekta kao na površini.

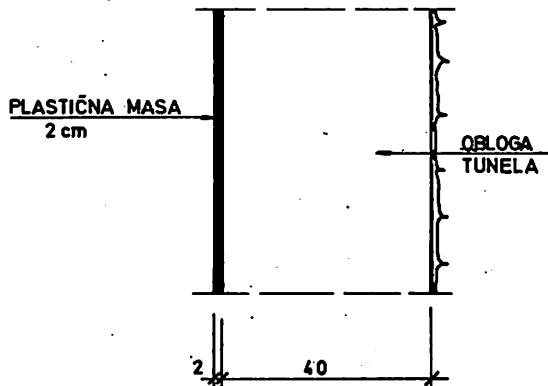
Postavljanje čeličnog lima je uvek pretvodilo betoniranju osnovne konstrukcije. Lim je rađen iz table i zavaren 100%, čime je postignuta apsolutna vodonepropustljivost.

Radi postizanja veze lima i betona, nakon postavljanja pojedinih prstenova lima, vršeno je zalianje prostora između lima i betonskog zaštitnog prstena cementnim malterom.

Ovakva konstrukcija izvedena je sve do najviše kote podzemne vode.

Zaštita tunela je predviđena slično; naime, predviđeno je betoniranje u čeličnoj kružnoj oplati koja je trebalo da ostane kao zaštita.

Tokom izvođenja izvršena je promena u tom smislu što je betoniranje izvođeno u kliznoj oplati, a izolacija je data sa unutrašnje strane slojem specijalne plastične mase (sl. 7).



Sl. 7 – Izvedena zaštita tunela

Ovo je bilo tehnički moguće jer je ceo unutrašnji prostor bio sloboden. Data izolacija tehnički je opravdana, i za nju postoje odgovarajuće garancije, mada se generalno može reći da je rešenje sa limom sigurnije.

#### Zaključak

U većem broju slučajeva, zbog prioritetnog uslova ekonomičnijeg otvaranja ležišta, glavni rudarski objekti situiraju se na topografski manje povoljnijim terenima. Kao posledica toga, izgradnja površinskih rudarskih postrojenja i objekata, skoro po pravilu, je povezana sa posebnim uslovima fundiranja i izgradnje.

Zbog specifičnosti svake lokacije, u topografskom, geološkom, geomehaničkom i hidrogeološkom smislu, potrebno je svakoj prići na odgovarajući inženjerski način, a ni jednoj od njih dosledno na već poznat.

Samo rezultati ovakvih istraživanja jedne lokacije predstavljaju sigurnu osnovu za izradu takvog inženjerskog rešenja, koje će moći garantovati potrebnu sigurnost rudarskog objekta u toku njegovog eksploatacionog veka.

## SUMMARY

### On Problems Related to Protection of Underground Constructions from Groundwater Pressures

The paper outlines engineering problems related to the design and construction of mine surface facilities in cases when the facility (primary crushing) is, due to technological reasons, founded deep at a location with high groundwater level.

The applied engineering solution represents a fair synthesis of mining and civil engineering solutions in the construction and technological and building sense, and as such it presents a valuable example in design of mine surface facilities.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Beitrag zur Problematik des Schutzes von Untergrundkonstruktionen gegen Grundwasserdrücke

Im Artikel wurden Ingenieurprobleme der Projektierung und des Ausbaues von Berg—Übertage—Objekten in der Situation, wenn das Objekt (Vorzerkleinerungsanlage), wegen technologischer Gründe in einem Gelände mit hohem Grundwasserniveau fundiert wird, dargelegt.

Die angewandte Ingenieur—Lösung stellt eine gute Synthese von bergbau— und bauingenieurlösungen im konstruktiven und technologischen Sinn dar und als solche ist ein nützliches Beispiel für die Projektierungspraxis der Übertage—Objekte.

## РЕЗЮМЕ

### Вклад в решение проблемы защиты подземных конструкций от давления подземных вод

В статье излагаются инженерные проблемы проектирования и сооружения горных объектов на поверхности в случаях когда объект (предварительное измельчение), по технологическим причинам, должен иметь глубоко заложенный фундамент в месте с высоким уровнем подземных вод.

Инженерное решение, которое применено, является солидным синтезом горного и строительного решения с точки зрения конструкции и технологии и как таковой может служить примером для проектировочной практики в области горных объектов на поверхности.

Autor: dipl.inž. Miloš Pribičević, Zavod za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. B. Kapor, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 3.5.81, prihvaćen 12.5.81.

UDK 622.58  
Stručni rad

## JALOVIŠTA U PODRUČJU VODOTOKOVA

(sa 4 slike)

Dipl.inž. Rastko Jurišić — dipl.inž. Vojislav Đaniš

### Uvod

Kod rešavanja odlaganja jalovine pri radu flotacija u rudnicima metala ili u radu separacija u rudnicima nemetala, kao jedan od glavnih problema nameće se pitanje iznalaženja pravih lokacija za formiranje deponija tog jalovog materijala nazvanog jalovište. Saglasno dosadašnjem iskustvu u radu kao najprikladnije rešenje položaja jalovišta nametnulo se projektovanje i njihovo formiranje na lokalitetima vodotokova. Budući da se rudnici pretežno nalaze u gornjim tokovima reka ili potoka koji ih kasnije formiraju, to pri određivanju lokacije jalovišta tom pitanju mora da se posveti puna pažnja, da se ne bi stvorili uslovi zagađenja početnih rečnih tokova, pošto se formiranje vodotoka u ovom slučaju stvara na terenu koji će da pokrije buduće jalovište. Znači, rešenja jalovišta moraju da budu takva, da se onemoguće direktni kontakti vode iz vodotoka i jalovine. Najpogodnije je, da se izbistrena voda iz jalovišta koristi kao povratna voda u tehnološkom procesu flotiranja rude.

Kod ovakvog rešenja jalovišta sprečavanje dodira jalovine i vodotoka ostvaruje se na taj način što se neposredno uzvodno od jalovišta vrši kaptiranje (prihvatanje) vodotoka određenim hidrotehničkim objektima. Hidrotehnički objekti su ulazna građevina i kolektor ili tunel ispod jalovišta.

Kod ovakvog rešenja zadržavaju se nenaorušene osobine prirodnog vodotoka, koje gotovo

uvek u ovim slučajevima karakterišu visoku kategoriju zaštite vodotoka.

### Rešenje jalovišta

Pri rešavanju odlaganja flotacijske jalovine u području korita vodotokova jalovište se formira stepenasto, da bi se što je moguće više iskoristio prirodni pad terena u pravcu kretanja pulpe, odnosno da se formiranje jalovišta vrši gravitacionim putem. Jalovište se formira tako, što se nizvodno od prve—početne faze jalovišta formira druga faza ili etaža jalovišta sa nižom kotom maksimalnog nivoa, i tako etapno do konačne figure jalovišta. Maksimalna kota I faze, ili I etape jalovišta, određuje se saglasno najnižoj koti poslednjeg objekta u sklopu zgušnjivanja jalovine, pre njene otpreme na jalovište. Ova maksimalna kota se određuje u zavisnosti od dužine pulpovoda i gubitaka raspoloživog pritiska u pulpovodu. Osim toga, maksimalna kota zavisi i od toga, da li se primenjuje hidrociklon ili ne, pošto za uspešan rad hidrociklona na razdvajjanju pulpe na krupnije i sitnije frakcije pri odlaganju mora da se osigura određeni pritisak, za čiji iznos je niža maksimalna kota jalovišta. Znači, najviša kota prve etaže stepenastog jalovišta za gravitaciono dovođenje pulpe na njega, uslovljena je visinskom razlikom te kote i geodetskog položaja flotacije ili separacije, odnosno njihovih nižih objekata za zgušnjivanje jalovine, i veličinom gubitka pritiska na putu od zgušnjivača jalovine do njenog

izlivanja na jalovište. Sve ostale etaže jalovišta su niže.

Svaka nizvodna etaža je niža za toliko, za koliko su porasli gubici dovoda pulpe na nju u odnosu na prvu etažu.

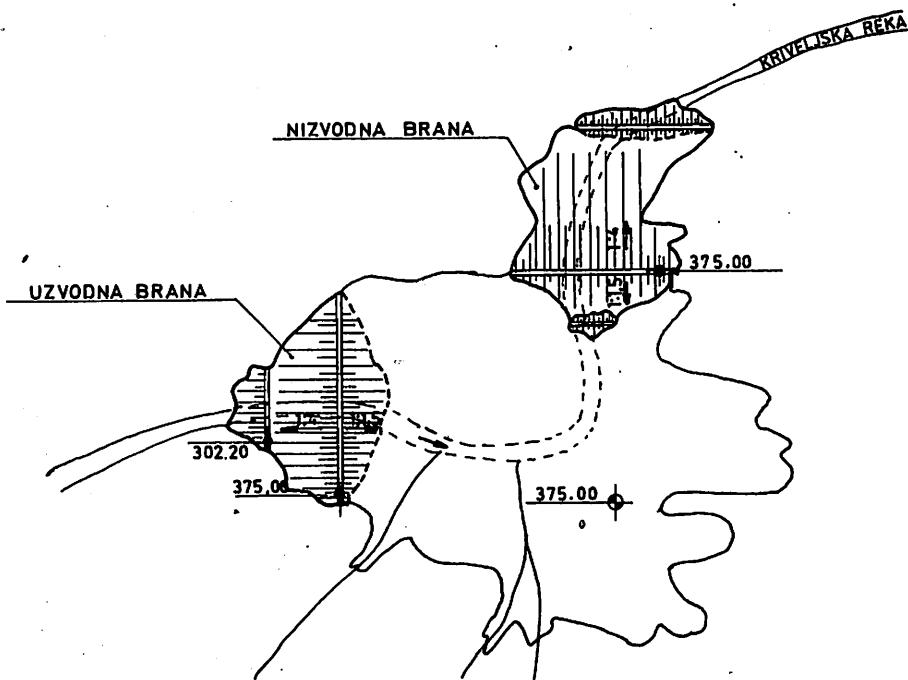
Ovakav način formiranja stepenastih etaža u koritu vodotoka, sa jedne strane povećava stabilnost brane uzvodne etaže, zato što se nizvodna etaža jalovišta formira tako što se jalovina ove etaže naslanja na branu uzvodne etaže i onemogućava joj bilo kakve deformacije u periodu posle prestanka njenog formiranja odnosno eksploatacije. Ovakav je slučaj formiranja jalovišta na rudniku Rudnik i rudniku Sasa u Probištipu.

U zavisnosti od topografije terena i visinskog odnosa flotacije ili separacije prema jalovištu menja se mogućnost formiranja jalovišta samo sa jednom branom na njenoj nizvodnoj strani ili sa dve brane na uzvodnom i nizvodnom kraju jalovišta, kao što je to slučaj sa jalovištem rudnika bakra Veliki Krivelj. Ovakvo rešenje je bilo uslovljeno konfiguracijom terena, širinom doline vodotoka i relativno malim podužnim padom Kriveljske reke na čijem koritu se formira jalovište (slika 1).

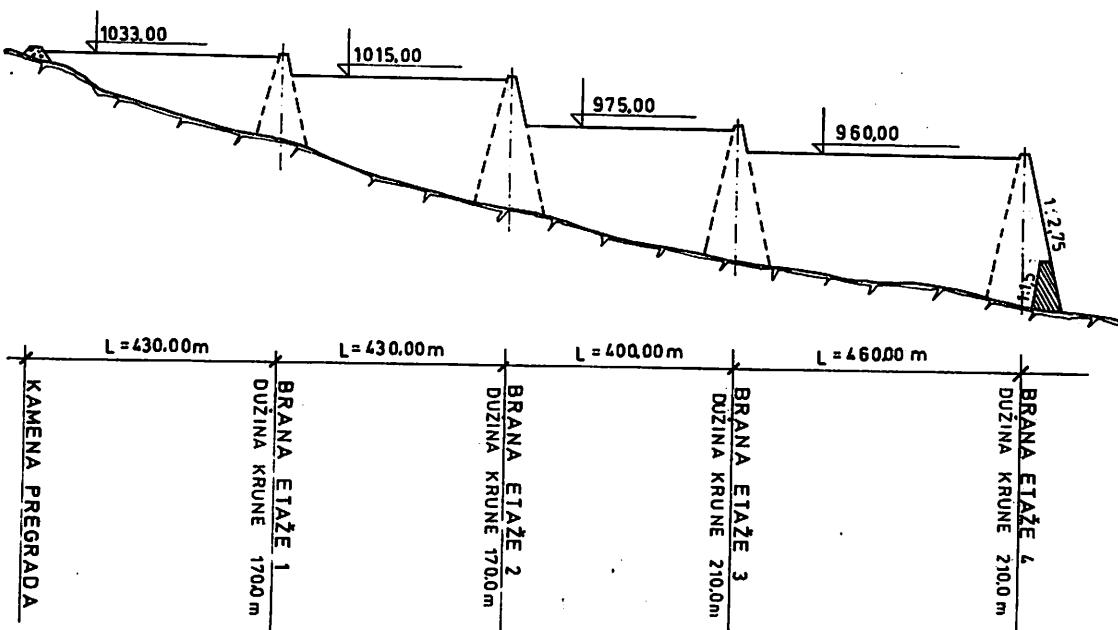
Pred projektanta se često stavlja problem, da li je pođodnije da se radi što viša kota I etaže jalovišta, ukoliko za to postoje pogodni terenski uslovi, a što može da uslovi potrebu za pumpanjem pulpe. Ovakav je bio slučaj na jalovištu rudnika Sasa, Probištip. Jedan od glavnih razloga kod davanja ovakvog rešenja je u tome, što u momentu kada se ukaže potreba da se vrši pumpanje pulpe na jalovište radi osiguravanja potrebnog dolaznog pritiska investitor, tj. rudnik o čijem je jalovištu reč, nema dovoljno investicionih sredstava da gradi novu branu za nizvodnu etažu, već mu više odgovara da se ne vrši ulaganje novčanih sredstava u nove objekte i, da na postojećoj etaži jalovišta odlaže jalovinu još godinu—dve dana. Docnije, u toku dugogodišnje eksploatacije jalovišta, iznos eksploatacionih troškova pokazuje koliko je bilo opravданo usvojeno rešenje sa pumpanjem pulpe, ili pokazuje da je bilo bolje da se odmah pristupilo izgradnji II niže etaže jalovišta umesto rešenja pumpanjem pulpe.

#### Postojeća jalovišta

Primena ovakvog načina formiranja jalovišta izvršena je u našoj zemlji na rudniku Rudnik na



Sl. 1 — Šematski prikaz jalovišta Veliki Krivelj



Sl. 2 – Šematski podružni presek jalovišta rudnika Sasa

Rudniku, u udoljici kojom protiče Zlokručanski potok. Jalovište je formirano u više etaže, a završava se u neposrednoj blizini Ibarskog magistralnog puta. Zlokručanski potok je propušten ispod jalovišta jednim tunelskim kolektorom u koji su uvedene i filtrirane drenažne vode. U toku dugogodišnje eksploatacije ovako formirano jalovište se pokazalo kao veoma ekonomično i bez opasnosti od neke havarije. Budući da postoji više etaže moguća je promena mesta odlaganja jalovine, odnosno formiranja gotovo jednolike maksimalne kote jalovišta, onoliko koliko dozvoljava kruna brane vezane za nagib spoljne vazdušne kosine i traženog međuprostora do magistralne saobraćajnice.

Pomenuto jalovište rudnika Sasa, Probištip ima danas dve etaže, a postoji projekat za još dve nizvodne etaže. Etaže u visinskom položaju su poređane na kotama:

I faza 1033,0  
II faza 1015,0

III faza 975,0  
IV faza 960,0

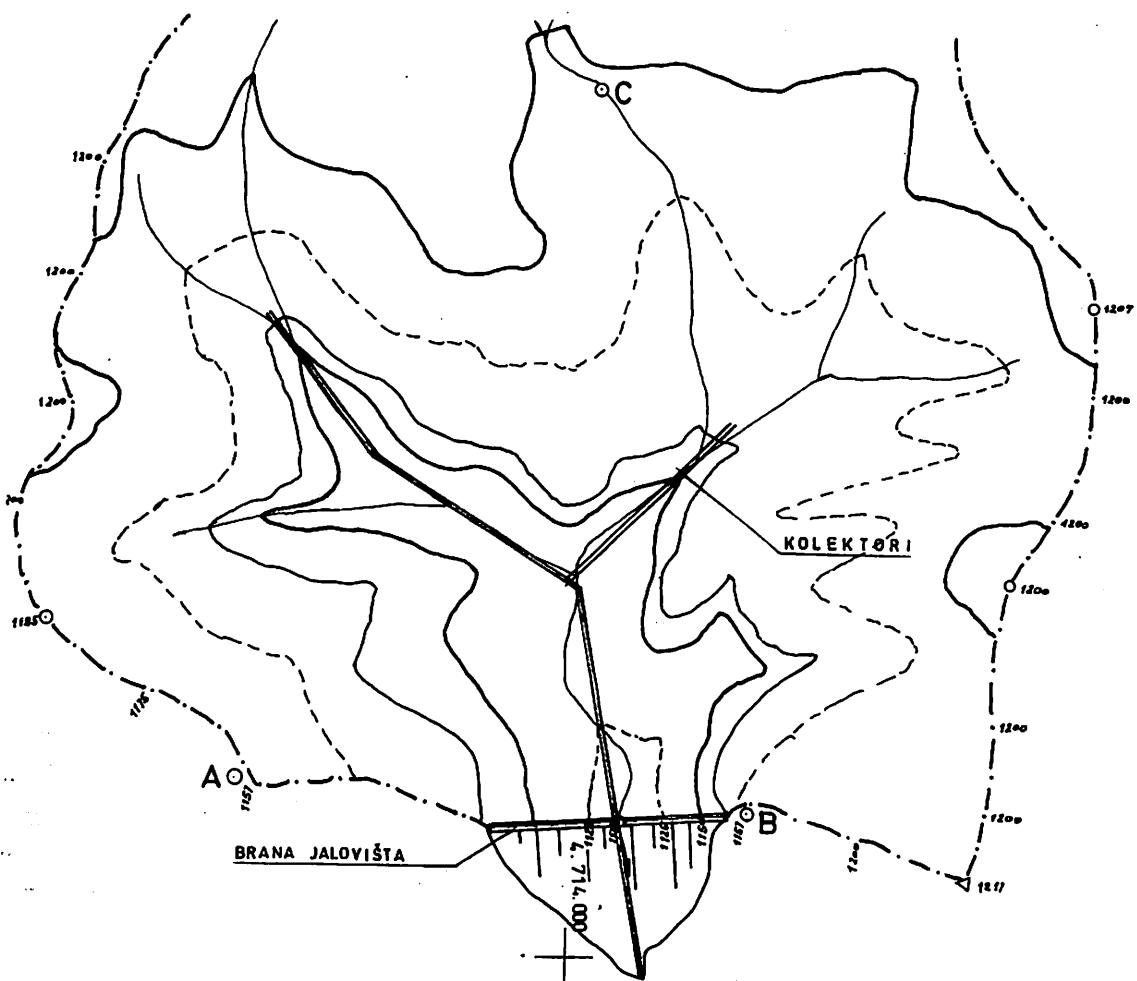
Iz ovoga se vidi, kojim ritmom u visinskom pogledu može da se formira jedno jalovište. Samo jalovište je oformljeno u koritu i padinama Saške reke. Zlokručanski potok i Saška reka se propuštanju ispod jalovišta kroz kolektor — tunel (slika 2).

Jalovište rudnika Blagodat u Krivoj Feji projektovano je u sливу pritoke Korbovačke reke

Topografija terena je takva, da je moguće izgraditi jalovište samo sa jednom etažom i to na mestu ulivanja dva bočna potoka u glavni vodotok nizvodno od ušća. Nizvodno od ovog poteza urbanost terena je takva, da onemogućava formiranje jalovišta na način opisan kod prethodna dva rudnika. I kod ovog jalovišta se vrši kaptiranje voda potoka i pritoka, i njihove vode se provode kolektorom ispod jalovišta. Ovde su primjenjeni jedan glavni i dva sporedna kolektora za uvođenje površinske vode i njeno dalje provođenje van figure jalovišta. I u ovom slučaju dovođenje pulpe na jalovište se vrši gravitacijom (slika 3).

Kod jalovišta rudnika Vareš koristilo se iskustvo stečeno na projektima i pri eksploataciji prethodno navedenih jalovišta, kao i saznanja stečena na jalovištima koja su stručnjaci Rudarskog instituta imali prilike da vide na objektima te vrste u svetu (slika 4).

Jalovište je u području toka Male Rijeke i njenih dveju pritoka. Provodenje voda Male Rijeke je izvršeno putem kolektora koji se vodi ispod jalovišta, a pritoke sa leve i desne strane se zaustavljaju pregradama, čiji je zadatak da isključe dodir površinskih voda i figure jalovišta, što je rešeno obodom kanalima sa lev. i desne strane jalovišta. Izbištrena voda iz jalovišta odvodi se preko pumpne linice natrag u proces flotiranja.

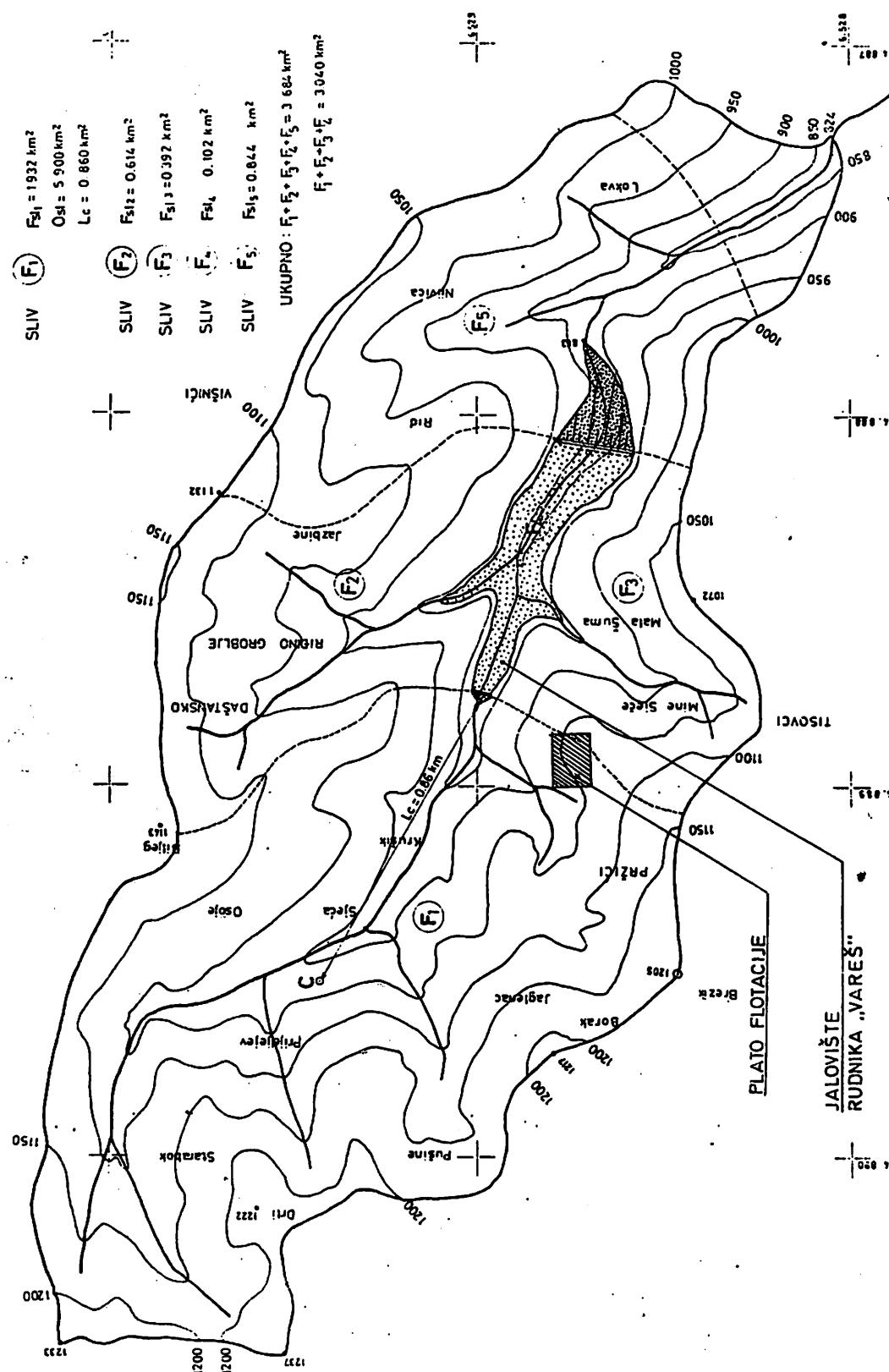


Sl. 3 – Jalovište rudnika Blagodat.

Vreme eksploatacije ovakve vrste jalovišta u području vodotokova iznosi 10, a dostiže i do 30 godina kao što je to slučaj u rudniku Sasa. Jalovište rudnika Rudnik je u eksploataciji na lokalitetu Zlokucanskog potoka oko 15 godina. Ovi podaci govore o tome, da su investiciona ulaganja u jalovišta ove vrste opravdana, ako se ima u vidu duži vek eksploatacije bez većih dodatnih investicionih ulaganja u jalovište u toku eksploatacije.

Jedan od uslova koji se postavlja kod projektovanja i kasnije pri eksploataciji ove vrste jalovišta je zaštita figure jalovišta od doticanja površinskih voda na nju. Ovo se traži i u smislu održavanja načina odlaganja jalovine sa ciljem potiskivanja li-

nije izbistrene vode u „jezeru“ jalovišta što dalje od brane, a i u smislu zadržavanja predviđenog bilansa voda. Bilans voda je obično predviđen tako da se veće površinske i vode iz vodotoka odvedu izvan jalovišta bez dodira sa njim. Padavine na samu figuru jalovišta, isparavanje, voda koja se dovodi u pulpi i ostaje delimično vezana za nju i na taj način zadržana u samom jalovištu ima kao rezultantu količinu vode koja se kao povratna pumpa sa jalovišta natrag u proces flotiranja. Za striktno poštovanje ovako koncipiranog bilansa veoma je važno da se onemogući da površinske vode doteknu na jalovište, pa se zato ističe uloga obodnih kanala u smislu prikupljanja i kanalisanja tih voda izvan figure jalovišta.



Sl. 4 – Jalovište rudnika Vares

## Zaključak

Kod određivanja lokacija jalovišta, gde god je to ostvarljivo sa gledišta topografije terena koji flotaciju ili separaciju nematala okružava, preporučuje se da se iskoriste prirodni uslovi za formiranje jalovišta, a to je obično na pravcu toka neke male reke ili njene pritoke. Ovakvim rešenjem se koriste prirodni uslovi terena, a veštački objekti su svedeni na minimum.

Druga pogodnost ovih jalovišta je u tome, što se održavaju prirodni uslovi sa gledišta vodo-privrede, pošto se vode koje teku postojećim vodotokovima ne mešaju sa vodama iz jalovišta. Na ovaj način su izbegнутa skupa postrojenja za prečišćavanje izbistrene vode sa jalovišta koja bi se mešala sa prirodnim vodotokovima.

Stepenastim rešenjem jalovišta omogućava se gravitaciono dovođenje pulpe na figuru jalovišta

što je veliko povoljno sa gledišta smanjenja eksploatacionalih troškova i štednje energije.

Praktično, ovakvo rešenje lokacije jalovišta nema slabih tačaka, a od podloga su veoma važne geotehničke podloge u smislu poznavanja terena na kome se projektuje i gradi jalovište, da se ne bi desilo da se ono predviđa na močnom aluvionu, gde bi filtracijom vode kroz aluvion bio narušen prethodno pomenuti bilans voda.

Posebna tehničko-tehnološka i ekonomска prednost ovakvih jalovišta, u odnosu na jalovišta sa konvencionalnim branama, koje su izgrađene od materijala iz pozajmišta (ili od betona), ogleda se u jednostavnoj tehnologiji izrade brana relativno jednostavnim tehničkim sredstvima uz znatno niža kapitalna ulaganja i isto tako niže troškove eksploatacije, što je od vanrednog značaja za ukupnu ekonomiku eksploatacije metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina.

## SUMMARY

### Waste Dumps in River Stream Areas

A global analysis was made of several types of mine waste dumps designed by the Department for Design and Construction of the Institute of Mines, Belgrade and constructed in river stream areas and their basins with different topographic properties.

Analysis was made of appropriate types of waste dumps for different disposals and varying hydrographic and topographic properties of the terrain.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Abraumkippen im Bereich der Wasserläufe

Es wurde eine Globalanalyse einiger Typen von Berg—Abraumkippen durchgeführt, die die Anstalt für Projektierung und Konstruktionen des Bergbauinstituts, Belgrad, projektiert hat und die im Bereich von Wasserläufen und ihren Einzugsgebieten mit verschiedenen topographischen Charakteristiken, angelegt wurden.

Es wurden entsprechende Typen von Abraumkippen für verschiedene Verkipplungen und verschiedene hydrographische und topographische Geländecharakteristiken analysiert.

## РЕЗЮМЕ

### Отвалы в районах водотоков

Проведён полный анализ нескольких типов отвалов в горном деле, которые проектировал отдел проектирования и конструирования в Рударском институте, Белград, а которые сооружены в районах водотоков с разнообразными топографическими характеристиками.

Анализу подвергнуты были соответствующие типы отвалов для разнообразных материалов и различных гидрографических и топографических характеристик местности.

Autori: dipl.inž. Rastko Jurišić — dipl.inž. Vojislav Đaniš, Zavod za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: dr inž. B. Kapor, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 30.4.81, prihvaćen 12.5.81.

## PRIMENA METODE KONAČNIH ELEMENATA (KE) PRI PRORAČUNU NAPONA U TRAKASTIM STUBOVIMA

(sa 3 slike)

Dipl.inž.dipl.mat. Jovan Vujić

### Uvod

Sve niži sadržaj metala u rudi nameće primenu produktivnijih metoda među koje svakako ulaze komorno—stubne metode otkopavanja.

Jedan od osnovnih problema kod navedenih metoda predstavlja dimenzionisanje komora i stubova, koje je u direktnoj vezi sa iskorišćenjem rудne supstance.

U ovom članku je prikazana mogućnost primene metode konačnih elemenata (KE), preko koje se vrši proračun napona u stenskom masivu, na osnovu čega se vrši dimenzionisanje stubova.

Istiće se da pravilno dimenzionisanje stubova ima veliki značaj, jer ukoliko su dimenzije nepotrebno velike, dolazi do nepotrebnih gubitaka, i nasuprot tome, ukoliko su ove male, može doći do iznenadnih zarušavanja, čije su posledice obično katastrofalne. Primena metode KE, prikazana u ovom članku, odnosi se na proračun napona u trakastim stubovima, kao jednom od njihovih mogućih oblika. Pri tome je tretiran slučaj formiranih otkopa i stubova po pružanju ležišta sa podom od oko 30°.

### Primena metode KE

Za proračun napona u stubovima postoje obrasci mnogih autora, koji uglavnom daju srednju

vrednost napona. Za razliku od njih, metoda konačnih elemenata daje realnije vrednosti sa intenzitetima i prvcima delovanja svih napona od ostalih metoda. Rezultati proračuna su pregledni, a grafički prikazi omogućuju vizuelni utisak o veličinama napona u svim tačkama (čvorovima) što ima izuzetnu važnost.

Osnovni obrasci, koji se primenjuju u ovoj metodi, vezani su za ravno izduženje, pri čemu se uzima da je jedna dimenzija trakastog stuba beskonačna.

$$\epsilon_x = \frac{\sigma_x}{E} (1 - \nu) - \frac{\sigma_y}{E} \nu (1 + \nu)$$

$$\epsilon_y = \frac{\sigma_x}{E} \nu (1 - \nu) + \frac{\sigma_y}{E} (1 - \nu) \quad (1)$$

$$\gamma_{xy} = \frac{\sigma_{xy}}{E} (1 + \nu) \cdot 2$$

Za primenu metode KE treba da se znaju fizičko—mehaničke osobine stena i da se postave geometrijski uslovi vezani za metodu otkopavanja.

Na osnovu veza iz obrasca (1) između napona i relativnog izduženja, dolazi se do rešenja na osnovu poznavanja zapreminskih sila, graničnih uslova određenih fizičko—mehaničkih i geometrijskih uslova.

Ulagani podaci za program su sledeći:

OVO SU PODACI OTVCP1 - DIP1

KOLICINA CVOROVA = 360 ; KOLICINA ELEMENATA = 664

REDNI BROJ I KOORDINATE CVOROVA -X,Y-

1	0.	0.	2	20.000	0.	3	34.000	0.
4	62.000	0.	5	90.000	0.	6	120.000	0.
7	131.000	0.	8	0.	12.500	9	20.000	17.004
10	34.000	20.156	11	62.000	26.462	12	90.000	32.767
13	120.000	79.523	14	131.000	42.000	15	0.	25.200
16	20.000	32.022	17	34.000	36.939	18	42.000	45.771
19	90.000	54.473	20	120.000	67.137	21	131.000	71.000
22	0.	37.500	23	20.000	46.431	24	34.000	52.683
25	62.000	65.137	26	90.000	77.691	27	120.000	91.088
26	131.000	96.000	29	0.	50.000	30	20.000	60.153
31	34.000	67.260	32	62.000	81.473	33	90.000	95.687
34	120.000	110.916	35	131.000	116.500	36	0.	57.500
37	20.000	68.798	38	34.000	76.706	39	48.000	74.615
40	62.000	92.523	41	76.000	100.431	42	90.000	108.340
43	104.000	116.248	44	120.000	125.286	45	131.000	131.500
46	0.	65.000	47	10.000	70.649	48	20.000	76.298
49	27.000	80.252	50	34.000	84.206	51	41.000	88.152
52	49.000	92.115	53	55.000	95.069	54	62.000	100.023
55	69.000	103.977	56	76.000	107.931	57	93.000	111.885
58	90.000	115.840	59	97.000	119.794	60	104.000	123.748
61	112.000	125.267	62	120.000	132.766	63	125.500	135.893
64	131.000	139.000	65	0.	69.000	66	10.000	74.640
67	15.000	77.473	68	20.000	80.268	69	23.500	32.275
70	27.000	84.252	71	30.500	86.229	72	34.000	58.206
73	37.500	90.123	74	41.000	92.140	75	44.500	94.137
76	48.000	96.115	77	51.500	98.092	78	55.000	100.060
79	58.500	102.046	80	62.000	104.023	81	65.500	106.000
82	69.000	107.977	83	72.500	109.954	84	75.000	111.931
85	79.500	113.973	86	83.000	115.885	87	85.500	117.563
88	90.000	119.840	89	93.500	121.817	90	97.000	123.794
91	100.500	125.771	92	104.000	127.748	93	108.000	130.002
94	112.000	132.267	95	115.000	134.527	96	120.000	136.784
97	122.750	139.340	98	125.500	139.993	99	131.000	143.000
100	0.	73.000	101	10.000	73.649	102	15.000	81.473
103	25.500	84.203	104	24.000	96.557	105	28.000	38.817
106	32.000	91.076	107	36.000	93.336	108	39.000	95.031
109	42.000	96.725	110	45.000	98.420	111	48.000	100.115
112	52.000	102.774	113	56.000	104.634	114	60.000	106.893
115	64.000	109.153	116	67.000	110.347	117	70.000	112.542
118	73.000	114.237	119	76.000	115.931	120	80.000	118.191
121	84.000	120.450	122	88.000	122.710	123	92.000	124.269
124	95.000	126.464	125	96.000	128.750	126	101.000	130.053
127	104.000	121.741	128	105.000	134.000	129	112.000	136.267
130	116.000	135.522	131	120.000	140.796	132	122.750	142.340
133	125.500	143.893	134	131.000	147.000	135	0.	76.500
136	130.000	92.140	137	15.000	94.573	138	21.000	57.798
139	23.000	92.317	140	36.000	94.975	141	39.000	98.531
142	42.000	100.225	143	45.000	101.920	144	49.000	103.615
145	56.000	108.176	146	64.000	112.693	147	67.000	114.347
148	70.000	116.642	149	77.000	117.737	150	74.000	119.431
151	84.000	127.250	152	97.000	129.470	153	95.000	130.164
154	95.000	121.150	155	101.000	134.553	156	104.000	135.245
157	112.000	130.797	158	120.000	144.316	159	122.750	145.840
160	125.500	142.777	161	131.000	155.500	162	0.	82.500
163	130.000	94.152	164	15.000	94.973	165	20.000	51.793
166	25.000	94.577	167	33.000	94.574	168	36.000	100.834

## REDNI BROJ ELEMENTA I CVOROVA KOJI GA ODREĐUJU

1	1	2	8	2	2	3	9	3	3	4	10	4	4	5	11
5	5	6	12	6	6	7	13	7	9	8	2	8	10	9	3
9	11	12	4	10	12	11	5	11	13	12	6	12	14	13	7
13	5	9	15	14	9	10	16	15	10	11	17	16	11	12	18
17	12	13	10	10	13	14	20	19	15	15	9	20	17	16	10
21	15	17	11	22	19	10	12	23	20	19	13	24	21	20	14
25	15	16	22	26	16	17	23	27	17	18	24	28	16	19	25
29	19	20	26	30	20	21	27	31	23	22	16	32	24	23	17
33	25	24	13	34	26	25	19	35	27	26	20	36	26	27	21
37	22	23	29	38	23	24	30	39	24	25	31	40	25	26	32
41	26	27	23	42	27	28	34	43	30	29	23	44	31	30	24
45	32	31	25	46	33	32	26	47	34	33	27	48	35	34	28
49	29	30	36	50	30	31	37	51	31	32	39	52	32	33	41
53	33	34	43	54	34	35	44	55	37	36	30	56	38	37	31
57	39	38	31	58	40	39	32	59	41	40	32	60	42	41	33
61	43	42	33	62	44	43	34	63	45	44	35	64	36	37	47
65	37	38	49	66	38	39	51	67	39	40	53	68	40	41	55
69	41	42	57	70	42	43	59	71	43	44	61	72	44	45	63
73	47	46	36	74	48	47	37	75	49	48	37	76	50	49	38
77	51	50	38	78	52	51	39	79	53	52	39	80	54	53	40
81	55	54	40	82	56	55	41	83	57	56	41	84	58	57	42
85	59	58	42	86	60	59	43	87	61	60	43	88	62	61	46
89	63	62	44	90	64	63	45	91	66	67	65	92	67	68	67
93	48	49	69	94	49	50	71	95	50	51	73	96	51	52	75
97	52	53	77	93	53	54	79	99	54	55	21	100	55	56	83
101	56	57	96	102	57	58	87	103	58	59	89	104	59	60	91
105	50	51	93	106	61	62	95	107	62	63	96	108	63	64	98
109	56	45	47	110	67	66	47	111	63	67	48	112	65	63	48
113	70	69	49	114	71	70	49	115	72	71	50	116	73	72	50
117	74	73	61	118	75	74	51	119	76	75	52	120	77	76	52
121	78	77	53	122	79	78	53	123	80	79	54	124	81	80	54
125	32	21	55	126	93	92	55	127	84	83	56	128	85	84	56
129	36	25	57	130	87	96	57	131	89	87	58	132	89	88	58
133	90	90	59	134	91	90	59	135	92	91	60	136	93	92	60
137	94	93	61	138	95	94	61	139	96	95	62	140	97	96	63
141	98	97	63	142	99	98	64	143	65	66	100	144	66	67	101
145	67	45	102	146	68	69	103	147	69	70	104	148	70	71	105
149	71	72	106	150	72	73	107	151	73	74	108	152	74	75	109
153	75	76	110	154	76	77	111	155	77	78	112	156	78	79	113
157	79	80	114	153	80	81	115	158	81	82	116	159	82	83	117
161	53	44	118	162	34	35	119	163	15	16	120	164	15	16	121
165	27	28	122	166	88	89	123	167	87	90	124	168	90	91	125
169	91	92	126	170	92	93	127	171	93	94	128	172	94	95	129
173	95	96	130	174	96	97	131	175	97	98	132	176	98	99	133
177	171	105	66	178	102	101	67	179	103	102	69	180	104	103	69
181	105	104	70	182	106	105	71	183	107	106	72	184	108	107	73
185	103	103	74	186	110	109	75	187	111	110	76	188	112	111	77
189	113	112	73	190	114	113	72	191	115	114	70	192	116	115	81
193	117	116	82	194	114	117	83	195	118	119	84	196	120	119	85
197	121	120	86	198	122	121	87	199	123	122	88	200	124	123	89
201	125	124	90	202	126	125	91	203	127	126	92	204	128	127	93
205	129	124	94	206	130	129	95	207	131	130	96	208	132	131	97
209	133	132	79	210	134	133	79	211	133	131	135	212	135	132	136
213	102	103	137	214	103	104	138	215	104	105	139	216	105	106	139
217	126	127	140	218	127	128	140	219	128	127	142	220	129	128	142
221	111	111	144	222	111	112	144	223	112	112	145	224	113	114	145
225	114	115	146	226	115	116	146	227	114	115	146	228	113	116	146
229	118	119	150	230	112	120	150	231	122	121	151	232	121	122	151
233	122	123	152	234	123	124	152	235	124	123	154	236	125	126	154
237	126	127	156	238	127	128	156	239	128	129	157	240	129	130	157
241	131	121	151	242	131	132	151	243	132	133	152	244	133	134	151
245	125	135	171	246	137	132	171	247	138	132	172	248	139	132	172

509	288	287	253	510	299	298	254	511	255	254	290	512	256	257	291
513	257	259	242	514	259	259	292	515	252	260	293	516	246	261	293
517	261	262	294	518	262	263	294	519	263	264	295	520	244	265	295
521	265	266	296	522	266	267	296	523	267	268	297	524	268	269	297
525	269	270	299	526	270	271	299	527	271	272	299	528	272	273	299
529	273	274	300	530	274	275	300	531	275	276	301	532	276	277	301
533	277	278	302	534	278	279	302	535	279	280	303	536	280	281	303
537	281	282	304	538	282	283	304	539	283	284	305	540	284	285	305
541	285	286	306	542	286	287	306	543	287	288	307	544	288	289	307
545	291	290	256	546	292	291	257	547	293	292	259	548	294	293	261
549	295	294	263	550	296	295	265	551	297	296	267	552	298	297	269
553	299	295	271	554	300	299	273	555	301	300	275	556	302	301	277
557	303	302	279	558	304	303	281	559	305	304	283	560	306	305	285
561	307	306	287	562	308	307	289	563	293	291	309	564	291	292	310
565	292	293	310	566	293	294	311	567	294	295	311	568	295	296	312
569	296	297	312	570	297	298	313	571	298	299	313	572	299	300	314
573	300	301	314	574	301	302	315	575	302	303	315	576	303	304	316
577	304	305	315	578	305	306	317	579	305	307	317	580	307	308	318
581	310	309	291	582	311	310	293	583	312	311	295	584	313	312	297
585	314	313	299	586	315	314	301	587	316	315	303	588	317	316	305
589	318	317	307	590	309	310	319	591	310	311	320	592	311	312	321
593	312	313	321	594	313	314	322	595	314	315	322	596	315	316	323
597	316	317	323	598	317	318	324	599	320	319	310	600	321	320	311
601	322	321	313	602	323	322	315	603	324	323	317	604	325	324	318
605	319	320	326	606	320	321	327	607	321	322	328	608	322	323	329
609	323	324	327	610	324	325	331	611	327	326	320	612	325	327	321
613	329	325	322	614	330	322	323	615	331	330	324	616	332	331	325
617	326	327	223	618	327	328	334	619	325	329	335	620	329	330	336
621	330	331	327	622	331	332	339	623	334	333	327	624	335	334	328
625	336	335	329	626	337	336	332	627	333	332	331	628	339	338	332
629	333	324	327	630	334	335	341	631	335	336	342	632	336	337	343
633	337	338	244	634	338	339	345	635	341	340	334	636	342	341	335
637	343	342	324	638	344	343	337	639	345	344	338	640	346	345	339
641	342	341	347	642	341	342	349	643	342	343	349	644	343	344	350
645	344	345	251	646	345	346	352	647	345	347	341	648	346	348	342
646	350	349	343	650	351	350	344	651	352	351	345	652	353	352	346
653	347	346	354	654	349	346	355	655	349	350	356	656	350	351	357
657	351	352	358	658	352	353	359	659	355	354	348	660	356	355	349
661	357	356	350	662	355	357	351	663	359	359	352	664	360	359	353

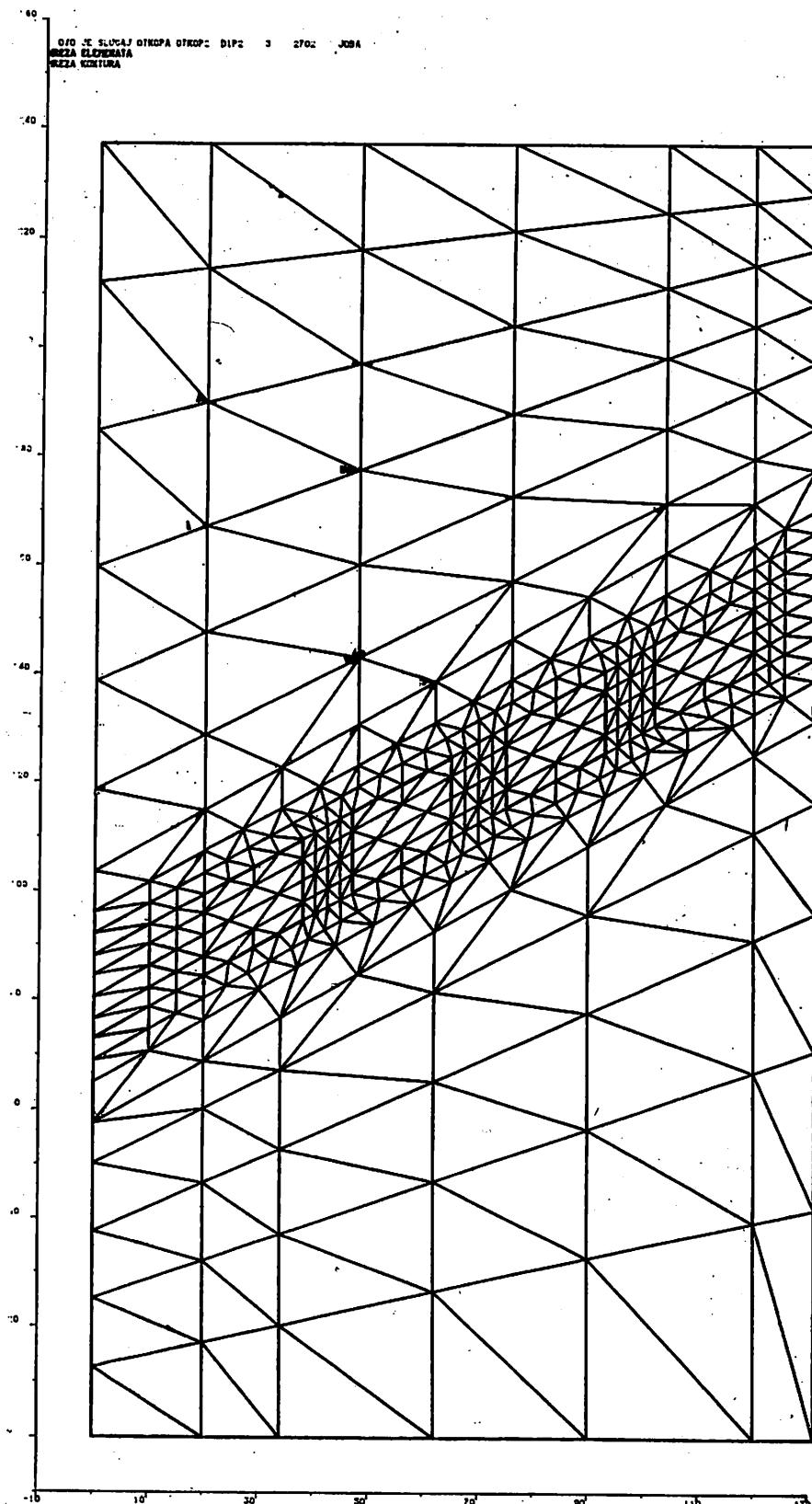
REDUKOVANE VREDNOSTI NAPONA U CVOROVIMA

R3R	SIGMA X	SIGMA Y	TAU	SIGMA 1	SIGMA 2	TAU MAX	UGAO-STEPENI
1	-201.30	-917.02	0.	-201.30	-917.02	357.86	0.
2	-201.76	-909.46	-1.90	-201.76	-909.47	353.85	0.1527
3	-201.59	-906.93	-5.71	-201.55	-906.99	353.22	0.4629
4	-201.17	-915.16	-6.56	-201.04	-915.20	357.12	0.7573
5	-202.02	-928.99	-9.02	-204.30	-929.13	363.62	0.7741
6	-202.58	-931.93	-5.04	-202.07	-931.96	368.47	0.3915
7	-201.27	-930.42	-1.05	-201.27	-930.42	368.72	0.2819
8	-204.04	-905.51	-6.78	-204.04	-905.51	350.79	0.0226
9	-204.17	-597.78	-2.20	-204.16	-927.70	344.92	0.1922
10	-202.37	-887.61	-7.36	-202.79	-887.69	342.45	0.6158
11	-123.15	-890.87	-12.92	-197.91	-890.10	351.10	1.0546
12	-120.21	-812.24	-11.79	-190.72	-917.15	361.22	0.9354
13	-134.42	-920.28	-5.65	-154.33	-920.32	367.97	0.4420
14	-172.36	-908.60	-2.04	-179.36	-908.61	364.62	0.1600
15	-202.21	-279.77	1.65	-202.71	-879.77	378.53	-0.1399
16	-202.39	-861.04	-6.03	-202.30	-860.04	329.83	0.0029
17	-120.87	-144.18	-3.46	-199.76	-844.20	322.27	0.7520
18	-120.91	-856.60	-18.50	-189.40	-857.11	333.86	1.5883
19	-122.19	-872.18	-16.03	-178.82	-872.55	344.87	1.4246
20	-124.56	-879.40	-5.12	-174.40	-879.53	352.54	1.6602
21	-172.56	-871.81	-3.45	-177.04	-870.57	344.34	1.2832

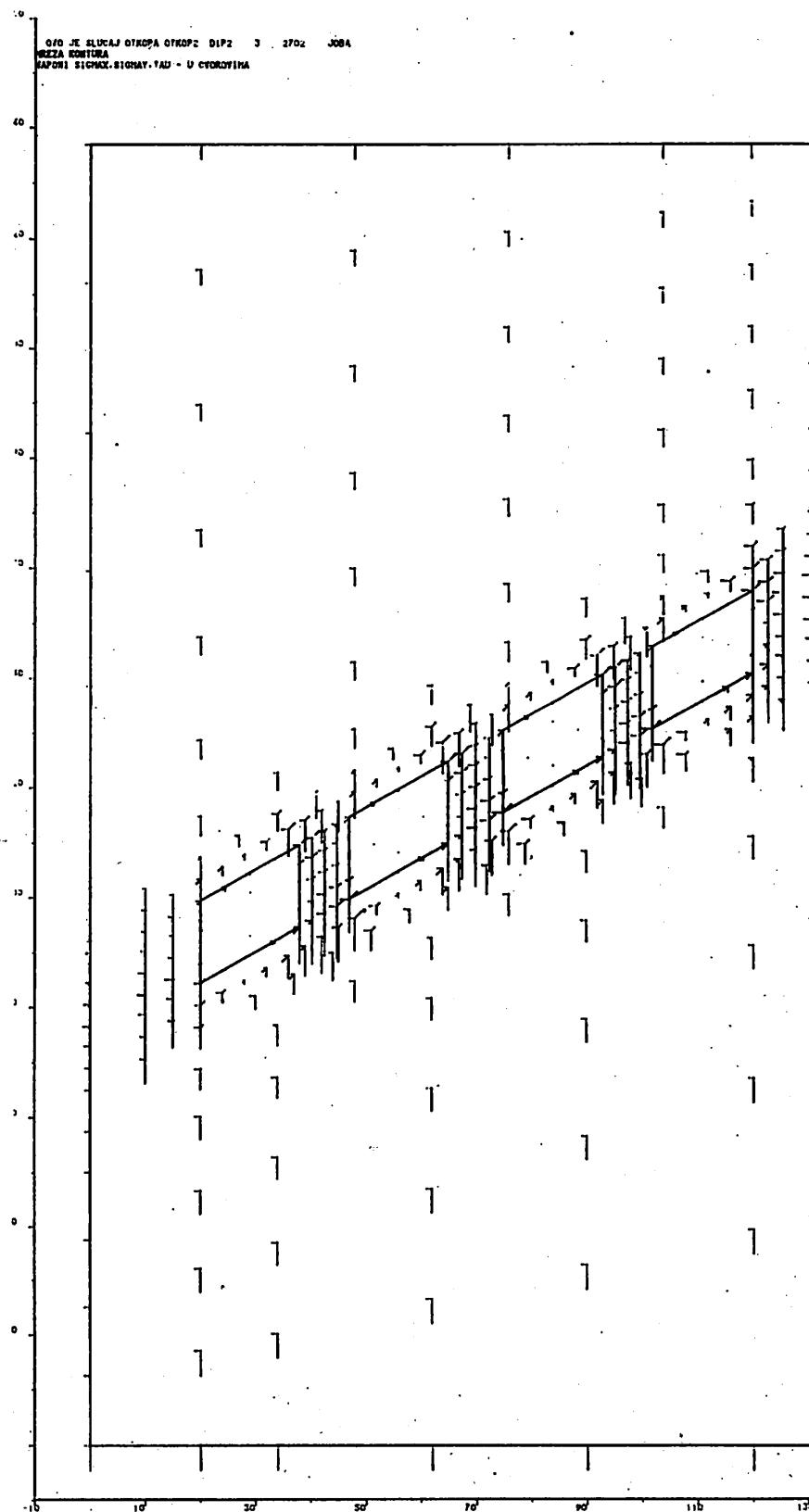
347	-176.74	-550.36	6.35	-176.63	-550.97	197.17	-0.9771
348	-175.74	-540.15	15.56	-173.43	-540.47	191.02	-1.5911
349	-169.76	-531.25	17.54	-147.92	-532.60	182.44	-2.7477
350	-145.52	-527.73	21.46	-144.32	-528.93	192.30	-3.2039
351	-115.48	-526.37	18.35	-114.66	-527.10	206.27	-2.5520
352	-93.07	-526.44	8.43	-93.91	-526.60	218.35	-1.1147
353	-75.43	-520.93	4.49	-75.20	-520.97	222.76	-0.5776
354	-197.93	-528.25	5.24	-197.06	-528.33	165.24	-0.8732
355	-191.36	-521.24	6.65	-191.23	-521.29	165.05	-1.1620
356	-162.69	-515.16	10.57	-161.37	-515.43	173.04	-1.7516
357	-133.80	-512.51	13.92	-133.29	-513.01	187.96	-2.0856
358	-93.57	-510.18	11.44	-93.26	-510.49	203.62	-1.5719
359	-64.78	-512.53	5.56	-64.71	-512.60	223.95	-0.7243
360	-51.49	-511.35	7.14	-51.38	-511.96	230.29	-0.8830

## CVOROVSKI HORIZONTALNI I VERTIKALNI POMERAJI U CVOROVIMA

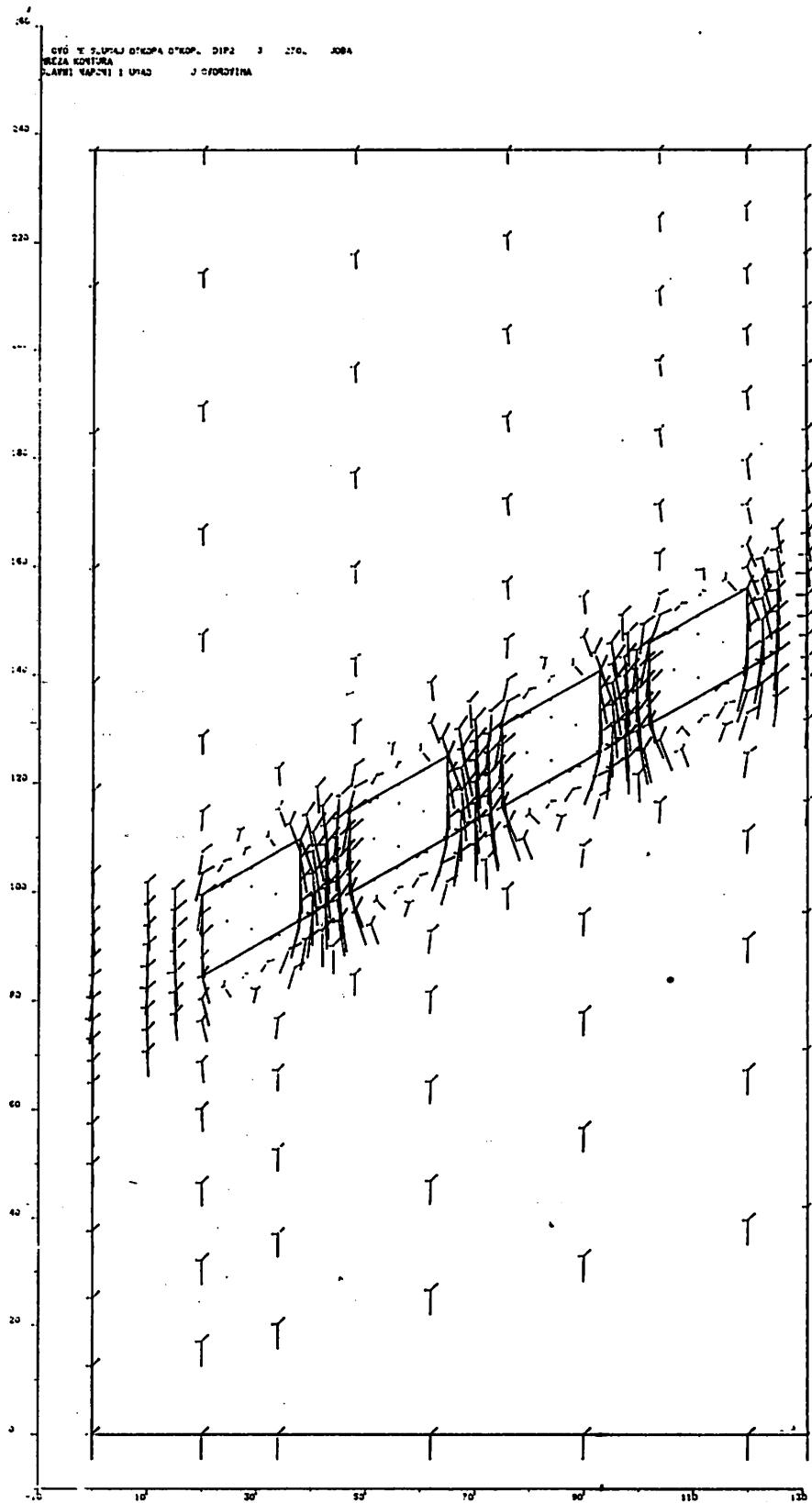
1	0.	0.	2	0.	0.	3	0.	0.
4	0.	0.	5	0.	0.	6	0.	0.
7	0.	0.	8	0.	-2.2111E-02	9	-0.3236E-04	-0.2841E-02
10	-0.6573E-04	-0.3367E-02	11	-0.1162E-03	-0.4469E-02	12	-0.1103E-03	-0.5630E-02
13	-0.3877E-04	-0.6856E-02	14	0.	-2.7286E-02	15	0.	-0.4159E-02
16	-0.4620E-04	-0.5253E-02	17	-0.9528E-04	-0.6026E-02	18	-0.1650E-03	-0.7734E-02
19	-0.1416E-03	-0.9537E-02	20	-0.4380E-04	-0.1142E-01	21	0.	-0.1207E-01
22	0.	-0.6152E-02	23	-0.4971E-04	-0.7431E-02	24	-0.1158E-03	-0.8425E-02
25	-0.1756E-03	-0.1058E-01	26	-0.1146E-03	-0.1297E-01	27	-0.2022E-04	-0.1523E-01
28	0.	-0.1407E-01	29	0.	-0.8104E-02	30	-0.3555E-04	-0.9522E-02
31	-0.1543E-03	-0.1142E-01	32	-0.1203E-03	-0.1201E-01	33	-0.2695E-04	-0.1550E-01
34	0.1424E-04	-0.1532E-01	35	0.	-7.1970E-01	36	0.	-0.9261E-02
37	0.1362E-04	-0.1575E-01	38	-0.1724E-03	-0.1171E-01	39	-0.5643E-04	-0.1326E-01
40	-0.4727E-04	-0.1451E-01	41	-0.7094E-04	-0.1614E-01	42	-0.2782E-04	-0.1735E-01
43	0.2715E-04	-0.1624E-01	44	-0.1067E-03	-0.2037E-01	45	0.	-0.2173E-01
46	0.	-0.1647E-01	47	-0.1057E-04	-0.1119E-01	48	-0.2113E-04	-0.1175E-01
49	-0.6650E-04	-0.1174E-01	50	-0.2171E-03	-0.1261E-01	51	-0.1145E-03	-0.1375E-01
52	0.1247E-03	-0.1451E-01	53	-0.1351E-03	-0.1473E-01	54	-0.6749E-04	-0.1542E-01
55	0.2714E-04	-0.1660E-01	56	-0.2472E-03	-0.1738E-01	57	-0.2301E-03	-0.1759E-01
58	-0.2576E-04	-0.1826E-01	59	-0.2194E-04	-0.1941E-01	60	-0.1764E-03	-0.2017E-01
61	0.3440E-04	-0.2047E-01	62	-0.1762E-03	-0.2146E-01	63	-0.1254E-03	-0.2245E-01
64	0.	-0.2322E-01	65	0.	-0.1102E-01	66	-0.2549E-05	-0.1181E-01
67	0.5228E-05	-0.1215E-01	68	-0.4236E-04	-0.1278E-01	69	-0.5045E-04	-0.1233E-01
70	-0.1675E-03	-0.1214E-01	71	-0.2339E-03	-0.1248E-01	72	-0.1905E-03	-0.1311E-01
73	-0.1202E-03	-0.1338E-01	74	-0.2946E-04	-0.1454E-01	75	-0.1584E-03	-0.1496E-01
76	0.2571E-07	-0.1521E-01	77	-0.3179E-03	-0.1506E-01	78	-0.3549E-04	-0.1494E-01
79	-0.5948E-04	-0.1523E-01	80	-0.3930E-04	-0.1592E-01	81	-0.1855E-04	-0.1672E-01
82	0.1785E-07	-0.1741E-01	83	-0.2614E-03	-0.1735E-01	84	-0.3619E-03	-0.1809E-01
85	0.4282E-03	-0.1724E-01	86	-0.1072E-03	-0.1729E-01	87	-0.1850E-04	-0.1121E-01
88	-0.2633E-04	-0.1826E-01	89	-0.6245E-05	-0.1955E-01	90	-0.1257E-03	-0.2022E-01
91	0.2171E-03	-0.2065E-01	92	-0.2722E-03	-0.2058E-01	93	-0.2271E-03	-0.2172E-01
94	-0.5926E-04	-0.2072E-01	95	-0.1979E-03	-0.2124E-01	96	-0.1944E-03	-0.2219E-01
97	-0.1274E-03	-0.2277E-01	98	-0.5896E-04	-0.2330E-01	99	0.	-0.2402E-01
100	0.	-0.1164E-01	101	-0.3612E-04	-0.1245E-01	102	-0.4075E-05	-0.1234E-01
103	0.5861E-04	-0.1372E-01	104	-0.2585E-03	-0.1222E-01	105	-0.1175E-03	-0.1229E-01
106	0.2317E-04	-0.1287E-01	107	-0.2814E-04	-0.1474E-01	108	-0.2705E-04	-0.1511E-01
109	-0.1794E-03	-0.1561E-01	110	-0.2652E-03	-0.1573E-01	111	-0.4123E-03	-0.1628E-01
112	-0.5113E-04	-0.1504E-01	113	-0.5284E-04	-0.1502E-01	114	-0.1931E-03	-0.1565E-01
115	0.1136E-03	-0.1710E-01	116	-0.2149E-03	-0.1729E-01	117	-0.3243E-03	-0.1849E-01
118	0.4962E-03	-0.1872E-01	119	-0.5524E-03	-0.1908E-01	120	-0.6743E-05	-0.1720E-01
121	0.3231E-04	-0.1794E-01	122	-0.1720E-03	-0.1853E-01	123	-0.7044E-04	-0.2002E-01
124	0.1530E-03	-0.2077E-01	125	-0.2442E-03	-0.2124E-01	126	-0.3143E-03	-0.2167E-01
127	-0.4449E-03	-0.2174E-01	128	-0.1134E-03	-0.2076E-01	129	-0.7225E-04	-0.2291E-01
130	-0.1034E-05	-0.2145E-01	131	-0.1143E-03	-0.2302E-01	132	-0.9059E-04	-0.2374E-01
133	-0.7006E-04	-0.2422E-01	134	0.	-0.2423E-01	135	0.	-0.1109E-01
136	-0.1102E-05	-0.1200E-01	137	-0.3957E-04	-0.1325E-01	138	-0.3086E-03	-0.1281E-01
139	0.2888E-04	-0.1724E-01	140	-0.1344E-04	-0.1519E-01	141	-0.2599E-03	-0.1573E-01
142	0.3565E-03	-0.1617E-01	143	-0.9701E-03	-0.1454E-01	144	-0.7049E-07	-0.1499E-01
145	0.3391E-07	-0.1771E-01	146	-0.1532E-03	-0.1924E-01	147	-0.3411E-03	-0.1360E-01



Sl. 1 – Mreža elemenata i bitnih kontura



Sl. 2 – Bitne konture i grafički prikaz vrednosti napona  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  i  $\sigma$  u čvorovima.



Sl. 3 – Bitne konture i glavni naponi Morovog kruga pod odgovarajućim uglovima.

— usvaja se oblast koja je određena tako, da traženi rezultati proračuna budu što verniji i što tačniji

— izvrši se podela date oblasti na trouglove i to tako da se raspored i vektori napona što vrnijie prikažu kao izlazni rezultati u podoblasti, interesantnoj za inženjersko-tehničko razmatranje

— fizičko-mehanički parametri za svaku vrstu materijala u danoj oblasti i to:

- $E$  — modul elastičnosti
- $\nu$  — Poasonov broj
- $\rho$  — gustina materijala

— granični uslovi u čvorovima trouglova

- razne vrste usvojenog uklještenja
- razne vrste ravnomernih i skoncentrisanih silea.

Jednačine (1), date u prethodnim izlaganjima, na pogodan način se razbijaju i transformišu te se dobija veliki sistem linearnih jednačina oblika

$$\vec{F} = K \cdot \vec{\delta} \quad (2)$$

gde je:

- $\vec{F}$  — vektor sile
- $K$  — matrica krutosti
- $\vec{\delta}$  — vektor pomeraja

Program omogućuje da se automatizuje proces nalaženja vektora  $\vec{F}$  i matrice krutosti  $K$ .

U sledećoj fazi računa se vektor pomeraja  $\vec{\delta}$  iz jednačine (2).

Na osnovu  $\vec{\delta}$  određuju se relativna izduženja za svaki element, a zatim se izračunavaju vrednosti  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  i  $\sigma_{xy} = \sigma$

Na osnovu poznatih veza između  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  i  $\sigma_{xy}$  i  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  i  $\sigma_{\max}$  određuju se naponi Morovih krugova, kao i uglovi glavnih napona u odnosu na x osu, za svaki element.

Na osnovu ulaznih podataka dobija se lista koja sadrži kako ulazne tako i tražene izlazne podatke, tj. rezultate proračuna.

Na osnovu dobijenih rezultata, drugi programi omogućuju automatsko crtanje željenih crteža na ploteru (crtaču).

Na sl. 1 prikazana je mreža elemenata i bitnih kontura u danoj razmeri.

Na sl. 2 date su bitne konture i grafički prikaz vrednosti napona  $\sigma_x$ ,  $\sigma_y$  i  $\sigma$  u čvorovima u određenoj razmeri.

Na sl. 3 prikazani su bitne konture i glavni naponi Morovog kruga, pod odgovarajućim uglovima

Na sl. 2 i 3 uočavaju se intenziteti i pravci napona Morovih krugova u svakom čvoru date oblasti. Značajno je, da je na crtežima prikazan raspored veličina i pravaca vektora napona, koji su najintenzivniji u zonama stubova, što je i logično.

Na navedenim crtežima prikazano je tzv. nulto stanje, tj. stanje pre pojave deformacija. Metoda omogućuje i izradu drugih crteža nakon pojave deformacija, što se definiše pomerajima u čvorovima. Na taj način dobijaju se crteži novog stanja mreže i kontura, uz mogućnost kombinovanja pojedinih stanja (nultog i novog).

## Zaključak

Metoda konačnih elemenata je pogodna za proračun napona u stubovima pošto ne daje srednju vrednost napona, nego pravu vrednost, kao i napone Morovih krugova, pa se bolje mogu sagledati intenziteti i pravci delovanja svih mogućih napona.

Isto tako se daju vrlo pregledni rezultati u celoj oblasti, a uzimaju se u obzir geomehaničke osobine svake stene.

Neodstatak metode je što je skupa i glo-mazna, vezana za računar velikog kapaciteta, i ne može da radi trodimenzionalan slučaj.

## SUMMARY

### Application of Finite Element Method (FE) for Estimate of Stress in Stratified Anisotropic Rock Masses

Finite element method is suitable for estimation of stress in rock masses, since it does not give medium value of the stress but the actual one, as well as the stress of Mohr's circles so that intensity and directions of all possible stresses are easier to detect.

Clear results covering entire field are also presented, geomechanics characteristics of each rock taken into consideration.

Disadvantage of this method is the fact that it is expensive and clumsy, requires computer of a large capacity and cannot treat a three-dimensional case.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Anwendung der Methode finiter Elemente (FE) bei der Spannungsberechnung in den längsgestreckten Pfeilern

Die Methode der finiten Elemente ist für die Spannungsberechnung in den Pfeilern günstig, da sie keinen Spannungsmittelwert, sondern den richtigen Wert sowie die Werte von Mohrschen Spannungskreisen ergibt, so dass die Intensitäten und Wirkungsrichtungen aller möglichen Spannungen besser veranschaulicht werden können.

Ebenso werden sehr übersichtliche Ergebnisse in ganzen Bereich gegeben. Es werden auch geomechanische Eigenschaften jedes Gesteins berücksichtigt.

Nachteil dieser Methode ist, dass sie aufwendig und unhandlich, gebunden an die Rechner grosser Leistung ist und dass mit ihr keine dreidimensionalen Fälle bearbeitet werden können.

## РЕЗЮМЕ

### Применение метода конечных элементов (КЭ) при расчёте напряжений в ленточных целинах

Метод конечных элементов удобен для расчёта напряжений в целинах так как не даёт среднее значение напряжения, а настоящее значение, а также напряжения кругов Мора, и потому гораздо лучше можно рассмотреть интенсивности и направления действия всех возможных напряжений.

Таким же образом получается очень ясный обзор результатов в целой области, и принимаются во внимание геомеханические свойства каждой породы.

Недостаток метода в том, что он громоздок и дорого стоит, и что он требует помощи от ЭВМ большой ёмкости, и не может обрабатывать трёхмерный случай.

## Literatura

Faddeev, D. K., Faddeeva, V. N., 1960: Vyčislitel'nye metody linejnoj algebry, Fizmatgiz.

Gel'fand, I. M., 1966: Lekcii po linejnoj algebre, izd. 3, „Nauka”.

Faddeev, D. K., Sominiskij, I. S., 1964: Sbornik zadač po vysšej algebре, izd. 8, Fizmatgiz.

Le khnitskij, S. G., 1963: Theory of Elasticity of an Anisotropic Elastic Body, Holden-Day, San Francisco.

Mal'cev, A. I., 1956: Osnovy linejnoj algebry, izd. 2, Gostehizdat.

Sokolnikov, I. S., 1956: Mathematical Theory of Elasticity. — New York, Mc Graw-Hill Book Co. —

Proskurjakov, I. V., 1967: Sbornik zadač po linejnoj algebre, izd. 3, „Nauka”.

Šilov, G. E., 1956: Vvedenie v teoriju linejnyh prostorov, izd. 2, Gostehizdat.

Popov, E. P., 1968: Introduction to Mechanics of Solids. — Englewood Cliffs, Prentice-Hall.

Timoshenko, S., Goodier, J. N., 1951: Theory of Elasticity, New York Mc Graw-Hill Book Co.

Vinogradov, S. P., 1935: Osnovaniya teorii determinantov, izd. 4, ONTI.

Zienkiewicz, O. C., Cheung, Y. K., Stagg, K. G., 1966: Stresses in Anisotropic Media with Particular Reference to Problems of Rock Mechanics. — J. of Strain Analysis, Vol. 1, No. 2.

Autor: dipl.inž.dipl.mat. Jovan Vujić, Zavod za informatiku i ekonomiku u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzenti: dipl.inž. V. Kačunković i dipl.inž. M. Pribićević, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 4.5.81, prihvaćen 12.5.81.

UDK 622.002.54. „04/14“  
Istorijski pregled

## ALAT I MAŠINE RUDARA KASNOG SREDNJEG I RANOG NOVOG VEKA SREDNJE EVROPE PO GEORGIUS AGRIKOLI

— I deo —

(sa 13 slika)

Prof.inž. Milovan Antunović Kobliška

Poznavanje rudarske tehnike srednje Evrope na granici kasnog srednjeg i ranog novog veka, u poređenju sa poznavanjem rudarske tehnike starog veka, na osnovu sačuvanih oskudnih podataka kod nekolicine starih grčkih i rimskih pisaca, nesrazmerno je obimnije i potpunije. Najviše zasluga za to ima tehničko delo „De re metallica“ (Po pitanju metala)\*), koje je napisao Georgius Agricola (1494–1555), humanista, prirodnjak i lekar, plodan pisac, koji je neko vreme živeo kao lekar u rudarskom mestu Joachimsthal, sada Jáchymovo, na granici Češke i rodne mu Saksonske. U želji da što bolje upozna minerale kao sredstvo za izradu lekova, Agricola (prvobitno Georg Bauer) se toliko zainteresovao za rudarstvo i topioničarstvo, obilazeći okolne rudnike i topionice, da je na osnovu mahom neposrednih zapažanja napisao prvo opširno delo iz tih tehničkih oblasti, zahvatajući i rudarsku geologiju. Posle prvog izdanja na latinskom, međunarodnom jeziku učenih ljudi, koji su i svoja imena i prezimena pisali u duhu latinskog, u Bazelu, 1556. godine, knjiga je prevedena na nemački jezik tog vremena i objavljena pod pristupačnjim naslovom „Knjiga o rudarstvu“ 1557. godine takođe u Bazelu. Pod naslovom „O rudarstvu i topioničarstvu“ objavljen je nešto tačniji prevod na savremenom nemačkom jeziku tek 1928. godine u

Diseldorfu. Pod istim naslovom pojavio se i prevod na češkom (Prag, 1933) i ruskom (Moskva, 1960.) jeziku, dok je u prvom engleskom prevodu (London, 1912.) zadržan prvobitni latinski naziv knjige.

U našoj zemlji je, povodom 400. godišnjice Agrikoline smrti, objavljeno više biografskih podataka o njemu i njegovim drugim radovima, naročito iz oblasti mineralogije i geologije, a upravo ove godine navršava se 425 godina od prvog izdanja „De re metallica“.

Mada se tehnički podaci u knjizi „De re metallica“ uglavnom odnose na rudnike i topionice oko mesta gde je živeo, pored prilika u tadašnjoj Češkoj i Saksonskoj, Agricola prikazuje i rudarstvo u Tirolu, na Karpatima i dr., što njegovo delo čini širim i interesantnijim. Opis rudarskog alata i mašina dat je, uglavnom, u šestom poglavљу („Šestoj knjizi“) njegovog dela, koje ima 12 poglavљa sa preko 500 strana velikog formata i 273 velika, dobro izrađena crteža, koji omogućuju lakše i potpunije razumevanje izložene materije.

Opis rudarskog alata i mašina, u ovom prilogu, namerno je dat uglavnom rečima samog Agricole, u obliku što vernije prevedenih pasusa i delova iz njih, povezanih prepričanim delovima i najpotrebnijim objašnjenjima. Pri tom je korišćeno izdanje knjige na savremenom nemačkom iz 1928. godine i samo delimično, radi upoređenja, III izdanje knjige na latinskom sa indeksima reči uporedo na latinskom i ondašnjem nemačkom jeziku.

\* Naslov svom delu Agrikola je dao po ugledu na „De rustica“ (Po pitanju sela) od rimskog pisca Moderatus Calumelle (1. vek n.e.), koji je nastojao da pruži čitaocu sve do tada poznato iz te oblasti.

„Govorio sam o otkopavanju rudnih žila, izradi okana, podgrađivanju potkopa, otkopa i komora za mašine i o veštini rudarskih merenja“ počinje Agrikola svoju „Šestu knjigu“ sa osvrtom na „Petu knjigu“. „Sad ću najpre govoriti o oruđu kojim se kopaju rude i stene, zatim o sudovima u koje se ubacuju komadi zemlje, kamena i rude i drugog iskopanog materijala, da bi se mogli izvlačiti ili izvoziti napolje, o sudovima i sabirnicima za vodu, dalje o pojedinim mašinama . . . Kad sve ovo podrobno izložim, opisaću i mnoge vrste radova.“

Dosledno ovim rečima, Agrikola počinje detaljan opis raznovrsnog rudarskog alata, sudova za izvlačenje rude, jalovine i vode kroz okna, malih korita za iznos rude i rudarskih kolica za prevoz rude i jalovine kroz dugačke potkope.

#### Rudarski alat, kolica i posude

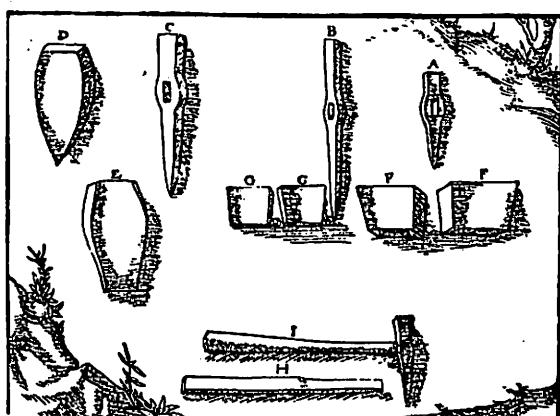
„Gvožda<sup>1)</sup> su alatke za koje rudari upotrebljavaju ovaj naročiti naziv. Osim tih alatki imaju klinovе, debele i tanke uloške, čekiće, probojne šipke i zalomne poluge, pijuče, šiljate motike i lopate. Postoje četiri vrste gvozdenog oruđa u užem smislu – razlikuju se ne po obliku već po dužini i debljinji. Sa gornje strane oruđe je široko i četvrtasto, da bi se čekićem moglo udarati po njemu, sa donje suženo, da bi se tvrdoča stene i rude mogla savladati njegovim šiljkom. Prvo oruđe, rudarsko dleto<sup>2)</sup>, kojim se ruder svakodnevno služi, dugačko je 9 prstiju, široko 1 prst i debelo 1 prst<sup>3)</sup>. Drugo oruđe, dleto za urezivanje, ima istu širinu i debljinu, ali je dugačko 5 pedalja<sup>3)</sup>. Njime se ceplaju najtvrdje rudne žile sve dok se ne raspuknu. Treće oruđe, dleto za rad pod vodom, je iste dužine kao i prethodno, ali je nešto šire i deblje. Ono služi za dubljenje poda onih okana u kojima se sakupljala voda. Četvrti, debelo dleto je dugačko 3 šake<sup>3)</sup> i 1 prst, debelo 2 prsta. Na gornjoj strani

je široko 3 prsta, u sredini 1 šaku, a na donjoj strani, kao i sva ostala, zašiljeno. Njim se lome i najtvrdje rudne žile. Otvor za držalju kod običnog rudarskog dleta je udaljen od gornjeg kraja 1 šaku, a kod ostalih 7 prstiju. Oko otvora su sva oruđa s obe strane nešto deblja. Nabijena drvena držalja drži se jednom rukom, dok se čekićem udara po dletu, koje se postavi na stenu. Oruđe je veće ili manje, kako prilike zahtevaju. Kad se dleto istupi, kovači ga ponovo oštore, sve dok se može“.

„Klin je većinom dug 3 šake i 2 prsta, a širok 6 prstiju; na gornjoj strani je širi od 1 šake i 1 prsta, a postepeno se tanji i završava oštricom.“

„Debeli uložak je 6 prstiju visok i širok, na gornjoj strani je debeo 2, a na donjoj 1/2 prsta. Tanki ulošci imaju istu visinu i širinu, samo su tanji. Sav taj alat potreban je rudaru . . . kad radi u vrlo tvrdim stenama. I klinovi, i debeli i tanki ulošci izrađuju se katkad deblji, a katkad veći.“

„I kod čekića postoje dve veličine: manji, koje kopači drže jednom rukom i veći, koji se hvataju obema rukama. Manji čekići dele se po veličini i upotrebi na tri vrste: najmanji i najlakši, kojim se udara po dletu za ureze, i srednji, za jednu ruku,



Sl. 1 – Rudarski alat

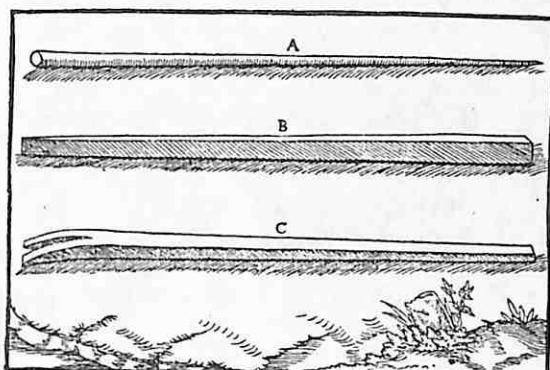
A – obično rudarsko dleto za držalju ; B – dleto za urezivanje; C – dleto za podvodni rad; D – debelo dleto bez držalje; E – klin; F – debeli uložak; G – tanki uložak; H – drvena držalja; I – rudarsko dleto na držalji<sup>4)</sup>

- 1) Ferramenta („gvožda“, „gvozdene alatke“) u latinskom originalu, Häuerzeuge („kopačke alatke“) u nemačkom prevodu iz 1928. god., „željezno oruđe“, kahun 90 starog saskog zakona u prevodu sa turskog (F. Spaho, 1913.)
- 2) Ferramentum primum u latinskom originalu, protumačeno u Index secundum kao bergeisen, alatka ovekovećena u rudarskom znaku čekić i dleto („Schlägel und Eisen“)
- 3) Stare saksonske mere za dužinu: prst = 1,8 cm; šaka = 7,08 cm; pedalj = 21,24 cm; stopa = 28,32 cm.

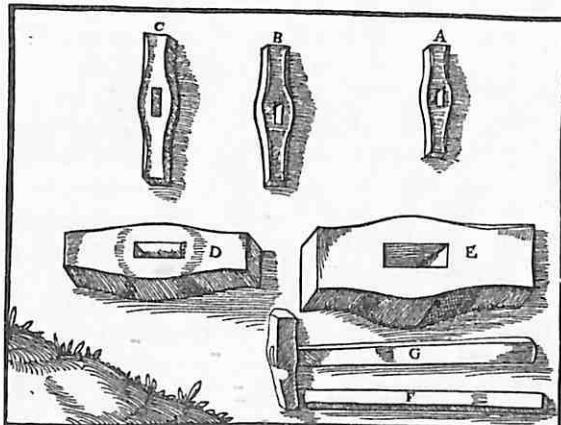
<sup>4)</sup> U knjizi „Staro rudarsko pravo i tehnika u Srbiji i Bosni“, Beograd, 1939. godine, V. Skarić je uneo zabunu u literaturu iz ove oblasti nazivajući klinom sve navedene rudarske alatke, pa i rudarsko dleto (eisen) na držalji.

kojim se udara po običnom rudarskom dletu. Kod većih čekića razlikuju se: mali čekić za dve ruke, kojim se udara po debelom dletu i veliki čekić, kojim se uteruju klinovi u pukotine. Prvi čekići su široki i debeli 3 prsta, a drugi po 5 prstiju. Dugački su 1 stopu. Svi čekići su zadebljani u sredini kod otvora za držalju. Držalje velikih čekića su srazmerno tanke, da bi radnici mogli jače udarati, jer se držalja pod teretom čekića savija."

Na slikama 1 i 2 prikazan je rudarski alat počev od dleta, klinova i uložaka, pa sve do čekića raznih vrsta.



Sl. 3 – Rudarski alat  
A – obla šipka; B – plosnata šipka; C – zupčasta šipka.

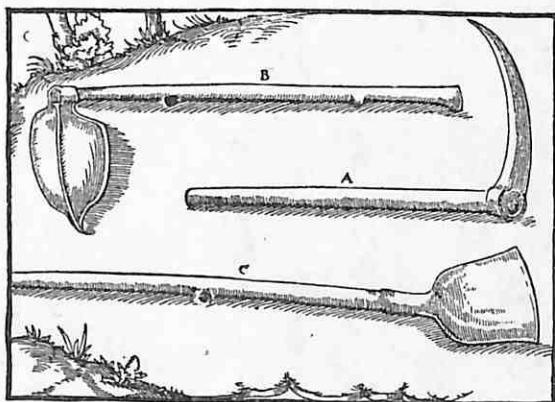


Sl. 2 – Rudarski alat  
A – čekić za dletlo za urezivanje; B – jednoručni čekić; C – čekić za nabijanje; D – dvoručni čekić za nabijanje; E – veliki čekić; F – drvena držalja; G – držalja čekića za urezivanje.

„Postoje dve vrste gvozdenih šipki“ nastavlja Agrikola opis alata „obe zaoštrene s prednje strane. Oblom šipkom probija se dno okna sa sakupljenom vodom, kad potkop stigne do njega. Druga je široka, njom se odbijaju komadi stene u otkopu, razlabavljeni loženjem vatre, koji se ne mogu odbiti šipkom za odlamanje. Šipka za odla-manje liči na dugačku brodarsku motku, koja je s prednje strane okovana gvožđem.“

„Pijuk rudara razlikuje se od pijuka zemljoradnika, jer je rudarski šiljat s prednje strane, a zemljoradnički širok i zaoštren. Pijukom se radi u žili koja nije tvrda, već je obično zemljasta. Šiljata motika i lopata ne razlikuju se od običnih . . .“

Na sl. 3 i 4 prikazane su šipke, pijuci, motike i lopate.



Sl. 4 – Rudarski alat  
A – rudarski pijuk; B – šiljasta motika; C – lopata.

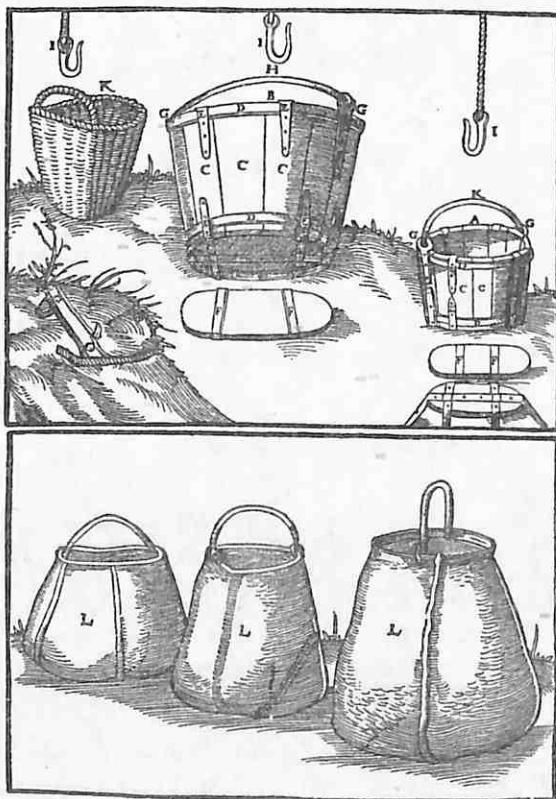
„Zemlja, kamen, ruda i drugi materijal, koji se iskopa pijukom ili, odbije dletom i čekićem izvlači se iz okna sudovima, korpama ili vrećama, a iz potkopa se izvlači tačkama ili rudničkim kolicima, ili se iz okna i potkopa iznosi koritancima“ produžuje Agrikola.

„Postoje dve vrste sudova, koji se razlikuju ne po materijalu od koga su izrađeni i obliku, već po veličini. Manji sudovi – vedra – zahvataju kao antička metrata\*), veći – bačve – zahvataju šest puta toliko i više, mada im veličina nije određena i često se razlikuje. Oba suda su izrađena od dasaka i dva gvozdana obruča, od kojih jedan okružuje

\*) Metrata – oko 3,8 litara.

gornji, a drugi donji deo suda. Nad gornjim obo-dom suda štrče dve gvozdene uške, a gvozdeni polukružni nosač savijen je na mestima gde su uške da bi se lakše pokretao. Oba su suda znatno viša nego šira. Najšira su gore, da bi se materijal mogao lakše puniti i prazniti. Šiljatim motikama mladići navlače zemlju s poda okna u manje, a odrasli ljudi u veće sudove. Ostali materijal ubacuju lopatama ili rukama, pa ih zovu utovaračima. Sudovi se zakače za kuku izvoznog užeta na gvozdenom nosaču. Manje i lakše sudove izvlače ljudi, a veće i teže konji."

„Negde se umesto vedara i bačvi upotrebljavaju korpe, koje mogu da prime isto toliko materijala ili čak i više, jer su lakše. Negde se, opet, upotrebljavaju vreće, koje se prave od kože bika. One



Sl. 5 i 6 – Drveni sudovi i kožne vreće za izvlačenje rude i jalovine iz okna

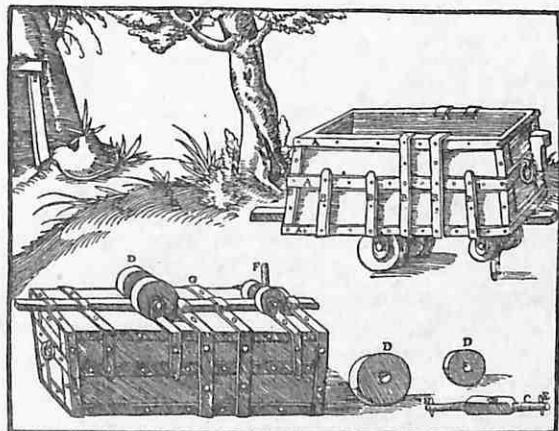
A – vedro; B – bačva; C – daska; D – gvozdeni obruč; E – gvozdene šipke; F – gvozdene šipke na dancetu; G – uške; H – polukružni gvozdeni nosač; I – korpa; K – kožna vreća.

se zakače za pričvršćene držače kukom na izvoznom užetu . . .”

Na sl. 5 i 6 prikazani su drveni sudovi i kožne vreće za izvlačenje rude i jalovine iz okna.

„Tačke su kolica sa jednim točkom, a nemaju dva točka kao kola koja vuku konji. Pune se materijalom i odvoze potkopom ili iz kućice nad oknom . . .”

„Rudarska kolica ili „pas” primaju za polovinu više od tački, duga su oko 4 stope, a široka i visoka oko 2 1/2 stope. Prema svom četvrtastom obliku okovana su sa tri četvrtaste gvozdene trake i sa svih strana ojačana gvozdenim štapovima. Na donjem delu imaju dve male osovine, a na njima se obréu drveni koturi. Da ne bi spali sa učvršćenih osovina drže ih mali gvozdeni klinci, a vodeći klinac, učvršćen u pod kolica, vodi ih duž kanala urezanog u debele daske, preko kojih se kreću. Vozač uhvati kolica sa zadnje strane obema rukama i natovarena rudom gura napolje, a ispräžnjena врача. Pošto kolica za vreme vožnje ispuštaju zvuk, koji po nekim podseća na zavijanje psa, dobila su ime „pas”. Ta vrsta kolica koristi se kod izvoza rude iz vrlo dugačkih potkopa, jer su pokretljivija i mogu da prime veći teret od tački.”



Sl. 7 – Rudarska kolica („pas”)  
A – gvozdeni okov kolica; B – gvozdena šipka; C – mala gvozdena osovina; D – drveni kotur; E – mali klinci; F – klinac za vođenje; G – prevrnutu kolica.

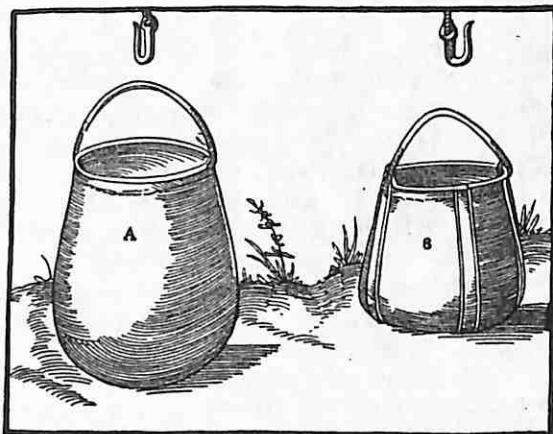
Na sl. 7 prikazana su rudarska kolica zvana „pas” (hunt).

„Koritanca se dube iz jednog komada stabla, manja koritanca za rudu su većinom duga 2 stope i široka 1 stopu. Pune se rudom, a pošto se rude mnogo ne dobija, iznose se iz okana i potkopa na ramenu ili vezana užetom o vratu. Taj način nošenja (o vratu) naši rudari preziru i ne prihvataju.“

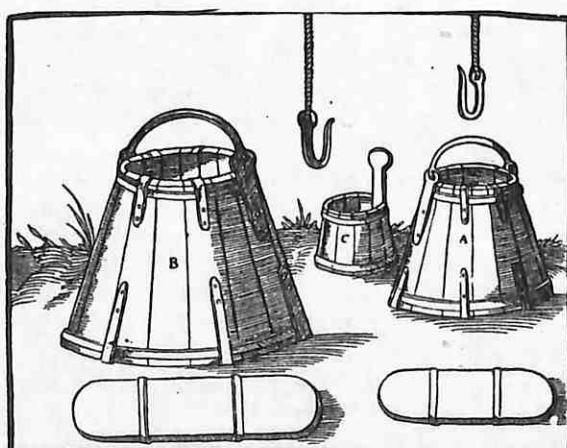
Deo poglavlja o alatu, kolicima i sudovima Agrikola završava prikazom sudova za izvlačenje vode iz okana.

„Sudovi kojima se izvlači voda razlikuju se po načinu korišćenja i materijalu od koga se izrađuju. Vedricama se voda, zahvaćena sa dna okna, sipa u ostale sudove — vedra i mešine, koji se, kad se napune vodom izvlače mašinama. Vedrice i vedra su od drveta, mešine od kože. Kao i kod sudova za suvi materijal, postoje dve vrste vedara za vodu — veća i manja. Ipak, vedra za vodu se razlikuju od drugih sudova, jer su gore uža, da se voda ne prospe kod izvlačenja kroz okno, koje je često nagnuto, pa sudovi udaraju o podgradu. Ova se vedra pune vedricama, tj. malim sudovima od drveta, koji nisu gore uži kao vedra niti su okovani, već su opleteni lešnikovim prućem, jer drugo nije ni potrebno. I mala vedra se izvoze mašinama koje pokreću ljudi, a veća pomoću vitlova koje pokreću konji.“

Na sl. 8 i 9 prikazane su razne vrste drvenih i kožnih sudova za izvlačenje vode.



Sl. 9 – Kožne mešine za izvlačenje vode  
A – mešina sa prstenom; B – mešina bez prstena.



Sl. 8 – Drveni sudovi za izvlačenje vode  
A – malo vedro za vodu; B – veliko vedro za vodu; C – vedrica za nasipanje vode.

„Naši rudari mešinama nazivaju vrlo velike vreće za vodu, koje se izrađuju od dve ili dve i po kože bika. Upotrebot i iznošenjem sa mešine otpadne dlaka pa postanu glatke i bele. Vremenom se cepaju. Kad se malo pocepaju, u rascep se ugura štapić, urezan s oba kraja, i preko njega se zašiju rubovi rascpa i tako sastave obe strane. Ako su mnogo pocepane, prišivaju se na njih komadi kože. Mešine se obesē o kuku pomoćnog lanca, spuste u okno i urone u vodu. Čim se napune vodom, izvlače se vitlom na konjsku vuču. Postoje dve vrste mešina: one sa prstenom same se pune vodom, jer su stalno otvorene; u druge, bez prstena, voda se delimično ubacuje drvenom kašikom.“

„Izvučenu vodu iz okna prihvataju žlebovi ili prihvativi sanduci, a pomoću njih se odvodi u glavni žleb. Na sličan način dospeva i voda koja pritiče sa bokova potkopa u žleb za vodu . . .“

Zatim Agrikola prelazi na rudničke mašine koje u najvećem broju slučajeva ne navodi pojmenice prema vrsti, već samo opisno.

„. . . Mašine se dele na tri vrste: izvozne mašine, mašine za provetrvanje i naprave za kretanje ljudi. Izvozne mašine izvlače teret iz okna. Mašine za provetrvanje na uštu potkopa ili gore na uštu okna uduvavaju vazduh u njih. Bez njih rudari u nekim jamama ne bi mogli ni disati ni raditi. Naprave za kretanje ljudi sastoje se od lestava, po kojima rudari ulaze u okno i izlaze iz njega.“

### Izvozne mašine

„Izvozne mašine su raznog i višestrukog oblika“ počinje Agrikola poglavje o izvoznim mašinama „neke od njih su vrlo dobro smišljene i, ukoliko se ne varam, nisu ni poznate starim narodima. Zamišljeno je da izvlače vodu iz zemljine dubine, gde nema potkopa, kao i razne rude iz okana do kojih, takođe, ne dopiru ni najduži potkopi. Ali kako dubina okana nije ista, to postoje razlike i kod ovih mašina. Od onih, kojima se izvlači suvi teret iz okna, u upotrebi je pet raznih vrsta“.

Na sl. 10 prikazana je prva od šest mašina – vitao sa ručicama za okretanje, najjednostavnija vrsta koju pokreću ljudi.



Sl. 10 – Vitao sa ručicama za okretanje  
A – gredica postavljena pred oknom; B – gredica postavljena za oknom; C – zašiljeni kočići; D – poprečne gredice; E – oslonci vitla; F – gvozdena ležišta; G – valjkasta osovina; H – njeni rukavci; I–K – krive ručice; L – izvozno uže; M – kuka za uže; N – izvozni sud; O – njegov polukružni nosač.

„Prva od mašina je sagrađena na sledeći način: dve gredice temeljače, koje su nešto duže od širine okna, postave se jedna ispred, a druga iza okna. Na krajevima imaju otvore kroz koje se zabiju u zemlju zašiljeni kočići, da se gredice ne bi micale. Imaju i ureze u koje se smeste krajevi dveju poprečnih gredica. Od njih je jedna na desnom boku okna, a druga je od levog boka udaljena za

prostor kroz koji su spuštene lestve. Usred otvora ovih poprečnih gredica uglave se stubovi vitla ili debele daske i učvrste debelim klincima. U prostor kroz ležište uvučeni su rukavci valjkaste osovine... U svakom rukavcu učvršćena je po jedna ručica za okretanje okruglog oblika, duga 1 1/2 stopu. Oko valjkaste osovine omotano je uže, čija je sredina pričvršćena za osovinu; na oba kraja užeta nalaze se gvozdene kuke za koje se zakače polukružni nosači izvoznih sudova. Okretanjem valjkaste osovine ručicama iz okna se izvlači puni sud, a spušta prazan. Valjkastu osovinu okreće dva snažna čoveka. Svaki od njih ima kraj sebe tačke u koje prazni izvučeni sud sa svoje strane. Obično dva suda pune jedne tačke... Kad izvlače sudove sa vodom, isprazne ih u prijemni sanduk i dalje u žleb kroz koji voda otiče.“

„Druga mašina, kojom se služe rudari kad su okna dubla, razlikuje se od prve po tome, što osim ručica ima i točak. Kad se teret izvlači sa male dubine, ovaj vitao okreće samo jedan čovek – vitlar, jer točak zamjenjuje drugog vitlara. Kad se teret izvlači sa veće dubine, vitao okreće trojica, a četvrtog zamjenjuje točak, jer kad se valjkasta osovinu jednom pokrene, okretanje točka pomaže da se znatno lakše okreće... Kad tri vitlara okreću mašinu, na kraju valjkaste osovine uglave se još četiri štapa, a na drugom kraju se nalazi ručica za okretanje, koja se upotrebljava samo u rudnicima... Svi vitlari, ma na kojoj mašini radili, treba da budu snažni ljudi, da bi mogli obaviti ovaj teški posao.“

„Treća mašina manje zamara radnike iako diže veće terete ali je sporija kao i sve mašine koje imaju zupčanički prenos. Ona se koristi kod okana koja su duboka i do 180 stopa. Izrađena je na sledeći način: rukavci uspravne osovine obrću se u dva gvozdena ležišta, od kojih donje leži na panju zabijenom u zemlju, a drugo je gore na gredi. Na donjem delu osovine je kotur, sastavljen od debelih dasaka, a na gornjem zupčanik koji preko prenosišnika pokreće vodoravnu osovinu oko koje je obavijeno izvozno uže. I njeni rukavci se okreću u gvozdenim ležištima na drvenoj gradnji. Oba se radnika drže za poprečnu motku, učvršćenu na dva stuba, da ne bi pali, a mašinu pokreću tako da nogama guraju nazad prečage kotura. Čim izvuku sud napunjén materijalom i isprazne ga, izvlače sledeći stavljajući mašinu u pokret ali u suprotnom pravcu.“

Na sl. 11 prikazana je treća mašina za izvlačenje tereta iz okna, tj. vitao sa gaznim koturom i



Sl. 11 – Vitao sa gaznim koturom i posrednim prenosom snage

A – uspravna osovina; B – panj podnog ležišta; C – drvena grada; D – gazni kotur; E – točak sa drvenim zupcima; F – položena osovina; G – pogonska glava; H – izvozno uže; I – motka; K – stubovi; L – prečage na koturu.

posrednim prenosom snage na vreteno oko koga se namotava uže i tako olakšava rad.

„Četvrta mašina, vitao na konjsku vuču, diže šest puta onoliko tereta koliko obe dosad opisane mašine . . . U sredini kružnog prostora se nalazi gvozdeno ležište u kome se okreće gvozdeni rukavac uspravne osovine. Na isti način poprečna gredica . . . nosi gvozdeno ležište u kojem se okreće drugi gvozdeni rukavac osovine. Pored toga pos toji bubenj za uže koji se sastoji od tri kotura za uže . . . Oko njih su obavijena dva užeta vitla, jedno između donjeg i srednjeg kotura, a drugo između srednjeg i gornjeg.“

„Zgrada u kojoj je vitao ima oblik kupe, osim četvrtastog dela u pravcu okna, i pokrivena je šindrom“ nastavlja Agrikola. „Preko stubova i poprečnih greda leže dve dugačke grede . . . pružaju se skoro od bubenja za uže mašine do okna . . . Na njima se takođe nalaze dva kotura za uže, koji se okreću zajedno sa gvozdenim osovinama u otvorima na gredama; po ivici koturi imaju urez da užad ne bi spala. Tako svako uže ide preko svog valjka i svog kotura. Na svakom užetu nalazi se po jedna

gvozdena kuka za koju se zakači polukružni nosač izvoznog suda“.

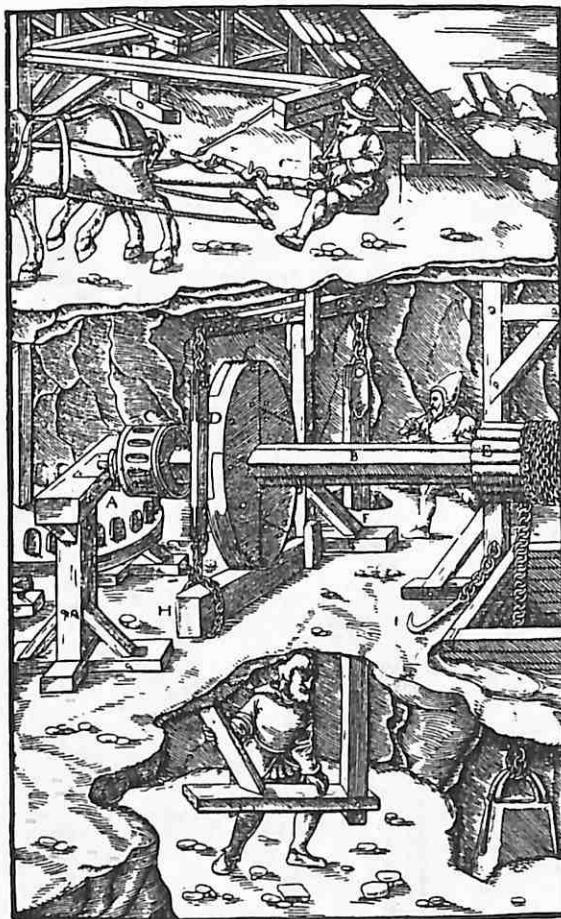
Slika 12 prikazuje četvrtu mašinu, vitao na konjsku vuču, za izvlačenje tereta iz dubljih okana.

„ . . . Na kraju svake rude uglavljenе u glavnu osovini . . . nalazi se klupica, na kojoj sedi gonič konja; na njima je i gvozdeni klinac sa lancem i prečagom. Dva konja stavljaju vitao u pokret u jednom i u drugom pravcu i naizmenično izvlače



Sl. 12 – Vitao na konjsku vuču

A – rogovi krova; B – stope; C – pojačanje; D – prostor za kretanje oko vitla na konjsku vuču; E – drveni komad za donje ležište; F – osovina; G – rude za zapregu; H – bubenj za uže; I – užad; K – izvozni sud; L – ubaćeni komad u rudu; M – klupica za goniča i mesto gde se prežu konji; N – lanac; O – prečaga za zapregu; P – kuka za prevrtanje suda.



Sl. 13 – Vitao sa kočnicom

A – točak sa drvenim zupcima na uspravnoj osovini; B – položena osovina; C – pogon; D – kotur za kočenje; E – bubanj za uže; F – papuča za kočenje; G – dvokraka poluga; H – gredica za kočenje; I – kuka za izvrтанje izvoznog suda.

pun sud iz okna, a spuštaju prazan u okno. Ako je okno duboko, upregnju se četiri konja. Kad se sud izvuče, bez obzira da li je teret suv ili mokar, rad-

nik prikači za sud kuku i izvrne ga. Ova kuka visi na gredi o lancu, sastavljenom od tri do četiri karake.“

„Peta mašina, vitao na konjsku vuču sa kočnicom, slična je delom običnom vitlu, a delom trećoj mašini koju pokreću konji, diže vodu pomoću lopti ... Kao i treću mašinu, pokreće je konji, i ima dve osovine, jednu uspravnu, na kojoj je u podzemnoj prostoriji točak sa drvenim zupcima i položenu osovinu na kojoj leži pogonski prenos. Kao što obični vitao sa konjskom vučom ima dva bubnja za užad, i ova mašina ima na položenoj osovini dva slična bubnja, ali manja; ona može izvlačiti sudove iz okana dubokih do 240 stopa. Jedan od bubnjeva za užad je sastavljen od kotura na koje su prikovane oblice, a drugi, kočni kotur, se nalazi pored pogonskog uređaja, oko osovine, širok 2 stope i debeo 1 stopu. Njega pritiskuje gredica za kočenje koja čvrsto drži kotur i po potrebi zauštavlja mašinu. Ovo je uvek potrebno kad se istresa kožna vreća napunjena kamenjem i rudom, ili kad se voda izliva iz izvoznih sudova, jer mašina ne izvlači samo suve već i tečne terete, kao i ostale četiri mašine, koje sam već opisao. Pomoću njih se, takođe, spušta drvena građa u okno, prethodno vezana za izvozno uže.“

Na sl. 13 prikazan je vitao sa kočnicom sa vršenje konstrukcije od običnog vitla na konjsku vuču.

„... Pre nego što prikažem mnogobrojne vrste mašina različitog oblika pomoću kojih rudari izvlače isključivo vodu, opisaću kako se teški predmeti, npr. osovine, teški lanci, cevi za vodu i debela građa spuštaju u uspravna duboka okna ... Oko valjkaste osovine vitla obavije se izvozno uže koje se jednim krajem pričvrsti za nju, a za drugi kraj se učvrste predmeti koji se postepeno bez prekida spuštaju, pri čemu se radnici upiru na štapove vitla ... Katkad se, u iste svrhe, na gredu pričvrsti koturača sa užetom, preko čijih koturova se uže kreće gore i dole ...“

## Nova oprema i nova tehnička dostignuća

### Pokretna udarna drobilica

Udarna drobilična postrojenja se mogu isporučivati samo na bazi prethodnih podataka o pogonu, krupnoći ulaza i kapacitetu, krupnoci krajnjeg proizvoda i indeksa trošenja materijala. Za prikupljanje ovih podataka kon-

su drobljeni novim tipom pokretne drobilice. Dimenzije postrojenja su: 8 m širina, 39,9 m dužina i 17,6 m visina, a ukupna težina je 500 t. Koristi se čeljusna drobilica Krupp 135–190 Esch sa kapacitetom od oko 600 t granitnih blokova maksimalne krupnoće 1800 x 1250 x 1000 mm koji se usitnjavaju na komade ispod 250 mm. Guseni-



strisan je pokretan vučni uređaj koji se sastoji od ulaznog bunkera kapaciteta 1,5 m<sup>3</sup>, lančanog transportera širine 700 mm, udarne drobilice 080/075, vibro sipke, odvozne trake i troosovinske šasije. Zavisno od ulaza i kranje granulacije postižu se kapaciteti i od 100 t na čas.

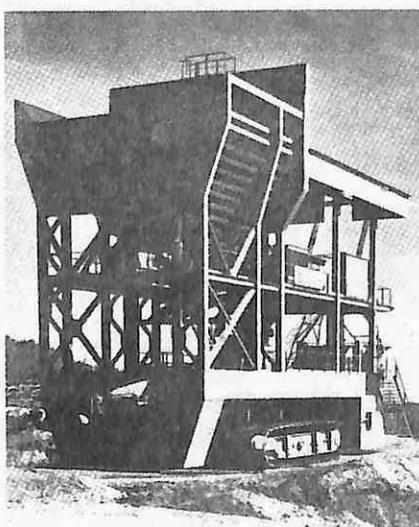
*Mining Reporter 262*

### Pokretno drobilično postrojenje

Granitni samci koji potiču od skidanja pokrivke tokom otvaranja rudnika mrkog uglja Meirama u Španiji

ce služe za premeštanje postrojenja. U tom cilju, gusenice podilaze pod ram u predviđeni prostor između stranica i okreću se u željenom pravcu pre pričvršćavanja za konstrukciju postrojenja koju podiže hidraulički i prevozi na novo radno mesto. Gusenice mogu da savladavaju uspone do 1 : 10 pod opterećenjem u kombinaciji poprečnog iskošenja od 1 : 20 i pod tim uslovima kreću se brzinom od 12 m na minut. Bez opterećenja brzina iznosi do 25 m na minut. Dizel motor od 200 kW se koristi za pogon gusenica preko više hidrauličkih kola, kao i dizalice i pomoćnih pogona. Proizvođači tvrde da je ovaj način transporta ekonomičniji za drobilice nego da imaju svoj sopstveni pogon, pošto se kreću samo posle dužih perioda, a gusenice se mogu koristiti za druge poslove na površinskom otkopu dok drobilica radi.

*Mining Reporter 228*



### Selektivni granulator

Do sada korištene valjkaste drobilice su transportovale celokupan ulaz kroz drobilični deo kako krupan tako i sitan. Zahtevana krupnoća i sitniji materijal zauzimaju prostor u drobilici i umanjuju drobljenje krpunijeg proizvoda. Selektivni granulator otklanja ovo sortiranjem kroz rešetku koja je postavljena na ulazu, tako da samo materijal koji zahteva drobljenje odlazi u valjke. Sitniji materijal automatski prolazi kroz rešetku, pada na transporter, odlazi ispred granulatora i spaja se sa izdrobljenim materijalom na izlazu drobilice.

*Mining Reporter 118*

## Prikazi iz literature

Milovanović, D., Radičević, P.: *Strategijski značaj mineralnih sirovina*; Izdavač: Vojnoizdavački zavod, vojna biblioteka „Savremena vojna misao“; str. 400, tabl. 33, bibl. podataka 197, Beograd, 1980.

Za svaku pohvalu je odluka Vojnoizdavačkog zavoda iz Beograda da u biblioteci „Savremena vojna misao“, koja izlazi već godinama i dostigla je punu afirmaciju, objavi po mnogo čemu originalnu i značajnu knjigu D. Milovanovića i P. Radičevića pod atraktivnim naslovom „Strategijski značaj mineralnih sirovina“. Na taj način je inače veoma skromna jugoslovenska literatura iz oblasti ekonomike mineralnih sirovina obogaćena jednom dragocenom monografijom, a u isto vreme i domaći vojni stručnjaci su dobili studiju koja tretira neke probleme koji su u jugoslovenskoj vojnoj literaturi do sada samo parcijalno i izuzetno obrađivani.

Ne traga, međutim, zanemariti ni činjenicu da i u odgovarajućoj svetskoj literaturi odavno nije objavljen rad koji bi ovako potpuno tretirao kompleksna pitanja strategijskog značaja mineralnih sirovina. Tako je u SSSR još 1946. godine objavljena monografija G. Bogomolova i grupe autora „Vojna geologija“, koja delom razmatra i neka pitanja strategijskog značaja mineralnih sirovina; posle njenog izlaska više ništa iz ove oblasti nije na ruskom jeziku do danas objavljeno. U SAD je 1947. godine publikovana knjiga J.B. De Mill-a „Strategijski minerali“ (Strategic Minerals), posle čega takođe nije objavljena ni jedna monografija sličnog sadržaja i obuhvata.

Monografija „Strategijski značaj mineralnih sirovina“ se sastoji iz predgovora, šest osnovnih poglavlja, zaključnih stavova i spiska od 197 korišćenih literaturnih izvora.

U prvom poglavlju, koje nosi naslov „Mineralne sirovine i vojnootrekska misao“ razmatrana su u istorijskom kontekstu neka osnovna pitanja povezanosti i uslovljenosti priprema i vođenja oružane borbe sa mineralnim sirovinama ili produktima njihove prerade.

U sledećem poglavlju („Osnovne karakteristike mineralnih sirovina“), autori analiziraju osnovne karakteristike mineralnih sirovina i njihovih ležišta, karakteristične klasifikacije mineralnih sirovina, specifičnosti mineralnih sirovina (iscrpljivost, neobnovljivost i dr.), zatim neka pitanja konzervacije mineralnih sirovina, probleme neravnomernog razmeštaja i proizvodnje mineralnih sirovina i neka druga pitanja.

Ključni deo monografije je treće poglavje pod naslovom „Strategijski značaj mineralnih sirovina“. U okviru njega obuhvaćena su sledeća pitanja: strategijski značaj mineralnih sirovina kao kompleksan pojam, osnovne karakteristike vojne mineralne ekonomije, mineralne sirovine i politika stvaranja strategijskih rezervi, klasifikacija mineralnih sirovina prema strategijskom značaju i analiza pojma primarne (prioritetne) strategijske mineralne sirovine. U okviru istog poglavlja, detaljnije su prikazane najbitnije geološko-ekonomske i vojno-strategijske karakteristike najznačajnijih strategijskih mineralnih sirovina kao što su: nafta, uran, titan, aluminijum, hrom, vanadijum, volfram, gerilijum, cirkonijum, molibden, bakar, živa i litijum...

Pretposlednje poglavje – „Mineralne sirovine-faktor privrednog razvoja i odbrambene sposobnosti Jugoslavije“, detaljnije prikazuju istorijski razvoj jugoslovenskog rudarstva i uticaj inostranog kapitala, zatim razvoj mineralne ekonomije SFRJ posle drugog svetskog rata, kao i osnovne geološko-ekonomske i vojno-strategijske karakteristike mineralnih sirovina Jugoslavije.

U poslednjem poglavju („Opštenarodna odbrana i društvena samozaštita i mineralne sirovine“), polazeći od konkretnih domaćih uslova izvršena je klasifikacija mineralnih sirovina na šest karakterističnih grupa (mineralne sirovine koje se u velikim količinama koriste u vojnoj industriji u proizvodne svrhe, mineralne sirovine koje se koriste u iste svrhe samo u manjim količinama itd.).

U zaključnim stavovima, autori posebno naglašavaju da Jugoslavija raspolaze većim brojem strategijski značajnih mineralnih sirovina u količinama koje obezbeđuju normalan rad vojne industrije i ostalih delova privrede u vanrednim uslovima; deficitarne mineralne sirovine mogu se, u znatnoj meri, supstituisati drugim raspoloživim materijalima.

Ova monografija će sigurno biti interesantna ne samo za stručnjake iz oblasti geologije, rudarstva, ekonomije i vojnih nauka, već za znatno širi krug čitalaca. Pisana je lakin razumljivim stilom, a obiluje veoma velikim brojem najnovijih statističkih podataka koji će svakako privući pažnju čitalaca.

dr inž. S. Putnik

## Bibliografija

**Tehnologija otkopnih radova u rudnicima uglja koji otkopavaju tanke slojeve** (Tehnologija očistnyh rabot na ugol'nyh šahtah, razrabatyvajuščih tonkie plasty)  
Sb. nauč. tr. Doneck. n.-i. ugol'n. in-t. Doneck, 1980, 245 str., (rus.)

**Mahrenholtz, H.**: Primena metode Simberg – rešenje proizvodno-ekonomskih problema rudnika kamenog uglja – u procesu obučavanja studenata, povećanja kvalifikacija inženjera i pri planiranju (Zur Anwendung des Unternachmensexspiele 'Simulation bergtechnischer/bergwirtschaftlicher Betriebsvorgänge für ein Steinkohlenbergwerk' in der Ausbildung, Weiterbildung und Planung) „17-j Meždunar. simpoz. po primenjeniju EVM i mat. metodov v gorn. otratljah prom-sti, Moskva, 1980. Sek. 2, D.r.6“, B.M. 1980, str. 765–769, (nem.)

**Mel'kumov, L. G., Klimov, L. M. i dr.**: Automatizovani sistemi upravljanja u industriji uglja (Avtomatisirovannye sistemy upravleniya ugol'noj promyšlennosti) M., „Nedra“, 1980, 287 str., (knjiga na rus.)

**Cernegov, Ju. A. i Zaharova, L. K.**: Primena metode glavnih komponenata pri prognoziranju ekonomskih pokazatelja (Primerenie metoda glavnih komponent pri prognozirovaniu ekonomičeskikh pokazatelej)  
„IVUZ Gornij ž.“, (1980) 9, str. 57–60, 1 tabl., 5 bibli. pod., (rus.)

**Hill, F.**: Sniženje produktivnosti rada u industriji uglja SAD (Causes for the productivity decline in U.S coal mining)  
„Mining Congr. J.“, 66 (1980) 9, str. 32–37, 1 il., 5 bibli. pod., (engl.)

**Surygin, A. I.**: Metode ekonomskog normiranja tekućih pokazatelja gubitaka i razblaženja rude u uslovima rudnika u radu (Metody ekonomiczego normowania tekućich pokazatelej poter i razubożywania rudy w usłojach dejstvujuščego rudnika)  
„IVUZ Gornij ž.“, (1980) 8, str. 40–43, (rus.)

**King, T. I.**: Izrada hodnika u rudnicima uglja Velike Britanije (Tunnelling in U.K. Coal mines)  
„Mining Mag.“, 143 (1980) 6, str. 566–569, 571–574, 11 il., 4 tabl., 10 bibli. pod., (engl.)

**Jakobi, O.**: Stanje i perspektive usavršavanja kontrole stenskog masiva (Gebirgsbeherrschung – Rückblick und Ausblick)  
„Gluckauf“, 116 (1980) 22, str. 1155–1165, 23 il., 5 tabl., (nem.)

**Dymek, F.**: Neki granični zadaci teorije elastičnosti u ravnim i njihova primena u rudarskoj geomehanici (Pewne zagadnienia brzegowej płaskiej teorii sprezystosci i ich zastosowanie w mechanice gorotworu)  
„Arch. gorn.“, 25 (1980) 3, str. 511–527, 11 il., 43 bibli. pod., (polj.)

**Salamon, M. D. G. i Wagner, H.**: Uloga stabilizacionih stubova u sniženju opasnosti od gorskih udara u dubokim rudnicima (Role of stabilizing pillars in the alleviation of rock burst hazard in deep mines)  
„4th Int. Congr. Rock Mech., Montreux, 1979. Proc. Vol. 2“, Rotterdam, 1979, str. 561–566, 3 il., 2 tabl., 5 bibli. pod., (engl.)

**Harrison, H.**: Primena elektronskih računara pri projektovanju bušenja i miniranja (Computer analysis in the planning of rock excavation)  
„Mining Mag.“, 143 (1980) 5, str. 451, 453–459, 2 il., 3 tabl., (engl.)

**Balash, V. Ja.**: Razvoj bušačih kolica za bušenje minskih bušotina u rudnicima (Razvitie stankov dlja burenija vzryvnyh skvaziñ na rudnyh šahtah)  
„Mehaniz. rabot na rudnikah“, Kemerovo, 1980, str. 148–156, 4 il., (rus.)

**Meadows, E.**: Miniranje na površinskim kopovima i u rudnicima (Blasting in quarries and mines)  
„W. Afr. Techn. Rev.“, 1980, avg., str. 113–115, 117, 1 il., 1 tabl., (engl.)

**Hagan, T. N.**: Povećanje stabilnosti kosina etaža na površinskim otkopima (Designing primary plasts for increased slope stability)  
„4th Int. Congr. Rock Mech. Montreux, 1979. Proc. Vol. 1“, Rotterdam, 1979, str. 657–664, 8 il., 9 tabl., (engl.)

**Pazdziora, J. i Karbowiak, A.**: Primena elektronskog računara za proračune pri projektovanju optimalne strukture radnog horizonta rudnika kamenog uglja (Komputeryzacja obliczen w projektowaniu optymalnej struktury poziomu wydobycza kopalni węgla kamiennego)  
„Arch. gorn.“, 25 (1980) 3, str. 397–418, 9 il., 24 bibli. pod., (polj.)

**Jaworski, B. i Kozek, B.**: Uticaj koncentracije i intenzifikacije otkopnih radova na obim i brzinu izrade pripremnih hodnika (Koncentracja i intensyfikacja frontu eksplatacyjnego a zakres i postęp robot chodnikowych)  
„Wiad. gorn.“, 31 (1980) 8–9, str. 221–225, 9 tabl., 6 bibli. pod., (polj.)

**Strzeminski, J.**: Neki problemi kompleksne mehanizacije otkopavanja uglja u rudnicima uglja (Niektóre problemy kompleksowej mechanizacji wybierania węgla w kopalniach PW)  
„Mech. i automat. gorn.“, 18 (1980) 8, str. 5–12, 3, 9 tabl., (polj.)

**Benthavis, F.**: Rudarska tehnologija – nove mašine i sistemi čine veliki progres (Mining technology – new machines and systems make big advances)  
„World Coal“, 6 (1980) 10, str. 46–48, 3 il., (engl.)

**Schüpphaus, H.:** Kombajni za ugalj (Walzenlader für die Koh lengewinnung)  
„Bergbau“, 31 (1980) 11, str. 619–626, 15 il., (nem.)

**Schüpphaus, H.:** Novi tipovi otkopnih kombajna firme Eickoff (New shearer loaders and supports)  
„Colliery Guard.“, 228 (1980) 11, str. 474–476, 479, 7 il., (engl.)

**Wright, L.:** Ekonomsko upoređivanje sistema otkopavanja slojeva uglja širokim čelom i komorno-stubnom metodom u Novom Južnom Velsu (An economic study of retreating longwall mining versus bord and pillar mining on the South Coast of New South Wales)  
„Proc. Austral. Inst. Mining and Met.“, (1980) 275, str. 17–31, 1 il., 12 tabl., 3 bibl.pod., (engl.)

**Coj, S.:** Ekonomsko-matematički modeli za određivanje tehničkih rešenja pri projektovanju rudnika uglja (Ekonomiko-matematičeskie modeli obosnovaniya tehnicheskikh rešenij pri proektirovaniyu ugol'nyh saht)  
„17-j Meždunarod. simpoz. po primenjeniju EVM i mat. metodov v gorn. otrasiljah prom-sti, Moskva, 1980. Sek. 2, Č. 4“, B.m., 1980, str. 131–141, (rus.)

**Scholz, J.:** Metodika perspektivnog planiranja dobijanja i proizvodnih kapaciteta rudnika kamenog uglja koncerna Ruhrkohle (Die Bergbauplanung, ein Verfahren für die langfristige Produktions- und Kapazitätsplanung der Steinkohlenbergwerke der RUHRKOHL AG)  
„17-j Meždunarod. simpoz. po primenjeniju EVM i mat. metodov v gorn. otrasiljah prom-sti, Moskva, 1980. Sek. 2, Č. 5“, B.m., 1980, str. 514–524, 1 il., 3 bibl.pod., (rus.)

**Baron, L. I. i Jurov, Ju. I.:** Diskretno-kontinualni model prognoziranja tehničko-ekonomskih pokazateљa podzemnog otkopavanja (Diskretno-nepreryvnaja model' prognozirovaniya tekhnico-ekonomicheskikh pokazatelej podzemnoj dobyči)  
„Soverš. metodov optimal'n. ispol'z. mineral'n. resursov“, M., 1980, str. 73–84, 2 il., (rus.)

**Sajfutdinov, Ju. N.:** Praksa primene sistema otkopavanja strmih žilnih ležišta pomoću samohodne opreme malih gabarita (Opyt primenjenija sistem razrabotki krutopadajuših žil'nyh mestoroždenij s malogabaritnym samohodnym oborudovanjem)

„Povyš. polnosti i kačestva izvleč. zapasov pri razrab. žil'n. mestorožd.“, M., 1980, str. 128–136, 2 il., 6 bibl.pod., (rus.)

**Glebov, A. V. i Grinenko, G. K.:** Industrijska ispitivanja mehanizovane podgrade M-88 (Promyšlennyye ispytaniya mehanizirovannoy krepki M-88)  
„Ugol' Ukrayny“, (1980) 10, str. 19–21, (rus.)

**Moffitt, R. B., Pritchett, M. M. i dr.:** Površinsko otkopavanje (Surface mining)  
„Mining Annu. Rev.“, 229 (1980), str. 231, 233, 235, 237, 239, 241, 245, 247, 249, 253–254, 13 il., 64 bibl.pod., (engl.)

**Men'sov, V. S., Romanova, N. N. i Suprun, N. I.:** Pitjanje ocene tehničkog nivoa površinskih otkopa uglja (K voprosu ocenki tehničeskogo urovnja ugol'nyh razrezov)

„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo“, (1980) 185, str. 26–31, (rus.)

**Buldozer D10 i 13 skrepera odvoze 19 hiljada m<sup>3</sup> stena otkrivate (D10 + 13 666s–25,00 ypd)**  
„Constr. Contract.“, 62 (1980) 9, str. 18–20, 4 il., (engl.)

**Müller, D.:** Korišćenje elektronskih računara pri projektovanju, otvaranju i eksploraciji površinskih otkopa uglja u DR Nemačkoj (Die Anwendung der EDV für die Vorbereitung und das Betreiben von Braunkohlen Tagebauen in der DDR)

„17-j Meždunarod. simpoz. po primenjeniju EVM i mat. metodov v gorn. otrasiljah prom-sti, Moskva, 1980. Sek. 4F. Č. 9“, B.m., 1980, str. 138–144, (rus.)

**Cadea, P.:** Površinski otkop Decateville (La decouverte de Decateville)  
„Ind. miner. techn.“, (1980) 8–9, str. 520–534, 16 il., 6 tab., (franc.)

**Hedjis, T.:** Otkopavanje boksita u Grčkoj (Exploitation des bauxites grecques)  
„Ind. miner. techn.“, (1980) 8–9, str. 501–508, VII, XI, 20 il., 5 bilb.pod., (franc.)

**Barnes, R. J. i Johnson, T. B.:** Nove ideje rešenja problema izbora optimalnih granica površinskog otkopa: suženje oblasti istraživanja optimuma (New ideas in the optimal ultimate pit limit problem: bounding the optimum)

„17-j Meždunarod. simpoz. po primenjeniju EVM i mat. metodov v gorn. otrasiljah prom-sti, Moskva 1980. Sek. 2 C. Č. 4“, B.m., 1980, str. 121–130, 19 bibl.pod., (rus.)

**Chironis, N. P.:** Usavršavanje radova na pretovaru uglja i stena (Coal and soil handling improves)  
„Coal Age“, 85 (1980) 9, str. 122–132, 20 il., 2 tabl., (engl.)

**Galustjan, E. L.:** Stabilnost etaže na površinskim otkopima (Ustočivost kar'ernih ustupov)  
„Gornjy ž.“, (1980) 11, str. 43–48, 4 il., 1 tabl., 7 bibl.pod., (rus.)

**Čugh, J. i Barua, S. L.:** Modeliranje na elektronskom računaru sistema rekultivacije zemljišta kod dobijanja uglja površinskim otkopavanjem u južnom Illinoisu (Modelirovaniye na EVM sistemy rekultivacii zemel' pri dobyči uglja otkrytym sposobom v južnom Illinois)

„17-j Meždunarod. simpoz. po primenjeniju EVM i mat. metodov v gorn. otrasiljah prom-sti APKOM-80, Moskva, 1980, Anotac. dokl.“, M., 1980, str. 102–103, (rus.)

**Weise, H.:** Rekultivacija površina narušenih rudarskim radovima kao važno sredstvo planiranja dugoročnog razvoja u Rajnskom basenu mrkog uglja – SR Nemačka (Reclamation after strip mining a vital measns in longterm development planning in the Rhenish lignite district, Germany)

„Ecol. and Coal Resour. Develop. Int. Congr. Energy and Ecosyst., Grand Forks, N.D., 1978, Vol. 1“, New York, e.a., 1979, str. 476–479, (engl.)

**Pravilan izbor konstrukcije strele sa katarkom povećava kapacitet bagera** (Good boom and stick choices make excavators most productive)

„World Constr.”, 33 (1980) 9, str. 94–95, 2 il., (engl.)

**Felman, F.: O dinamičkim silama koje dejstvaju na elemente metalne konstrukcije rotornih bagera** (Dynamicke učinky na ocelove konstrukcje kolesovych rypadel)

„Zprav. VUHU. Most.”, (1980) 7–8, str. 33–47, 4 il., (čes.)

**Mehanizacija na površinskim otkopima** (Instalation Ro-hertechnic para „Calazas Pena Almez, S.A.”, „Rocas y miner.”, 8 (1980) 105, str. 40–47, 10 il., 5 tabl., (špan.)

**Balogurov, L.I.: Stanje i perspektive razvoja radova na automatizaciji površinskog otkopavanja uglja** (Sostojanje i perspektivni razvitijsi radova po avtomatizaciji otkrtoj dobyči uglja)

„Tr. Gos. proekt.–konstruk. i NII po avtomat. ugol’n. prom–sti”, (1979) 33, str. 109–121, (rus.)

**Levčik, A.P., Altušmer, V.M. i dr.: Određivanje racionalnog režima rada kiper na kopovima** (Opredelenie rational'nogo režima raboty kar'ernogo avtosalmosvala)

„Nauč. soobšć. In–t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo”, (1980) 185, str. 71–77, (rus.)

**Kiper nosivosti 126 t za površinsko otkopavanje** (140-ton payload mechanical drive dump truck until for opencast mining)

„Mining J.”, 295 (1980) 7577, str. 367, 1 il., (engl.)

**Mikuła, P.: Primena mini–računara za upravljanje janskom izvoznom mašinom** (Zastosowanie mikrokomputera w procesie sterowania maszyna wyciągowej)

„ICAMC. 6–y Int. Mining Automat. Conf., Katowice, 1980. Lect. Vol. 2”, S.I., 1980, str. 212–218, 5 il., (polj.)

**Gierlotka, K.: Sinteza sistema za regulisanje izvoznih mašina za duboke jame** (Synteza układu regulacji maszyn wyciągowych dla dużej głębokości wydobycia)

„ICAMC. 6–y Int. Mining Automat. Conf., Katowice, 1980. Lect. Vol. 2”, S.I., 1980, str. 238–251, 12 il., 8 bibl.pod., (polj.)

**Ludvigsen, E.: Korišćenje fotogrametrije u janskom rastvu** (Photogrammetry connected to mine surveying) „4th Int. Congr. Rock Mech. Montreux, 1979. Proc. Vol. 2” Rotterdam, 1979, str. 365–369, 9 il., 2 tabl., 3 bibl. pod., (engl.)

**Chudler, M. i Arkuszewski, J.: Uticaj rudarsko–geoloških uslova i vremena na proces obrazovanja deformacija obrušavanja** (Wpływ warunków naturalno–gorniczych opaz czasu na proces tworzenia się deformacji zapadiskowych)

„Ochr. terenow. gorn.”, 14 (1980) 53, str. 3–11, 13 il., 4 tabl., 4 bibl.pod., (polj.)

**Szpetkowski, S.: Aktivizacija spuštanja zemljine površine pri otkopavanju slojeva uglja primenom hidrauličnog zasipa** (Aktywizacja obnizien powierzchni przy eksploatacji pokladow węgla z zastosowaniem podsadzki hydraulicznej)

„Ochr. terenow gorn.”, 14 (1980) 53, str. 28–33, 2 il., 5 tabl., 10 bibl.pod., (polj.)

**Nestorov G.A., Belučevskij, V.I. i Markov, G.P.: Proračun vertikalnih pomeranja zemljine površine primenom elektronskih računara** (Racitet vertikal'nyh svidiženij zemnoj poverhnosti s primeneniem EVM)

„Markšejd. delo v soc. stranah”, Leningrad, (1979) 8, str. 256–261, (rus.)

**Mester, I.M., Kan, O.A. i Kostin, M.I.: Fizičko modeliranje brzodejstvujućeg sistema za automatsko upravljanje raspodelom vazduha u janskim prostorijama** (Fizicheskoe modelirovanie bystrodejstvujuščej sistemy avtomatičeskogo upravljenija raspredeleniem vozduha po gornym vyrabotkam)

„Nauč. tr. Vses. n.–i. i proekt.–konstruk. ugol'n. in–t”, (1980) 57, str. 121–126, 2 il., 2 bibl.pod. (rus.)

**Boltan, I.E., Gušin, A.M. i dr.: Uticaj dopunske zapremine gase na narušavanje provetrvanja janskih prostorija pri iznenadnim izbojima uglja i gase** (Vlijanie dopolnitel'nogo ob'ema gaza na narušenie provetrvanja gornih vyrabotok pri vnezapnyh vybrosah uglja i gaza) „Sb. nauč. tr. Makeev, in–t po bezopasn. rabot v gorn. prom–sti”, (1979) 16, str. 49–51, 1 il., (rus.)

**Schniters, G.: Novi program za elektronski računar za prethodni proračun klime u janskim prostorijama sa lokalnim provetrvanjem** (Ein neues EDV–Programm zur Klimavorausberechnung für sonderbewetterte Grubenbaue)

„Glückauf–Forschungsh.”, 41 (1980) 5, str. 197–203, 1 il., 3 tabl., 8 bibl.pod., (nem.)

**Zaharov, E.I. i Kačurin, N.M.: Pitanje ocene uslova koji pospešuju pojavu endogenih požara u jansama Podmoskovskog basena** (K voprosu ob ocenke uslovij, sposobstvujučih vozniknovenju endogenykh požarov v šahtah Podmoskovskogo bassejna)

„Geol. i razvedka ugol'n. mestorožd.”, Tula, 1980, str. 35–40, 2 il., 2 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

**David, H.: Sprečavanje endogenih požara** (Prevention des feux spontanés)

„Ind. miner. Techn.”, (1980) 7, str. 335–343, 13 il., (franc.)

**Harašek, V., Blažek, F.: Karakter gazoobilnosti otkopanog prostora rudne uprave CSM u ostravsko–karvinском ugljenom basenu** (Vyvoj plinodajnosti dobyvacjih prostoru Dolu CSM v ostravsko–kervinskem reviru) „Uhli”, 28 (1980) str. 395–397, 1 il., 3 tabl., (čes.)

**Nesvacil, V.R.: Uspšeno bušenje sistema bušotina u jednoj tački za degazaciju ugljenog sloja** (Multi–leg hole successfully drilled for degasification)

„Coal Age”, 85 (1980) 9, str. 140–142, 145, 148–150, 9 il., (engl.)

**Olivovičenko, A.E., Nazarenko, V.I. i Novikov, E.N.: Dinamika koncentracije metana pri izbojima uglja i gase** (Dinamika koncentracii metana pri vybrosah uglja i gaza)

„Sposoby i sredstva bezopasn. vedenija vzryvn. rabot

soveš. preverivanij, ugoł'n. šah", Makeevka–Donbass, 1980, str. 44–51, 2 il., 5 bibl.pod., (rus.)

Clark, G. M. i Ranganatham, A. N.: Mogućnost razrade programa ALCOT za kontrolu zagadivanja rudničkim vodama (A resource allocation algorithm ALCOT for controlling mine drainage pollution) „Oper. Res.”, 28 (1980) 4, str. 867–888, 6 bibl.pod., (engl.)

**Metode odvodnjavanja površinskih otkopa (Methods for dewatering an excavation site)**

„World Constr.”, 33 (1980) 9, str. 104–105, 2 il., (engl.)

Krisztian, B.: Rudarstvo i teorija katastrofa (Bányaszat es Katastrofaelement)

„Bányasz. es Kohasz. Lapok. Bányasz.”, 113 (1980) 8, str. 556–561, 12 il., 1 tabl., 34 bibl.pod., (mađ.)

Johson, J. N.: Kontrola i metode merenja zagadenja vazduha proizvodima sagorevanja dizel mašina koje se koriste u podzemnim rudnicima (An overview of monitoring and control methods for diesel pollutants in underground mines using diesel equipment)

„CIM Bull.”, 73 (1980) 819, str. 73–87, 18 il., 6 tabl., 44 bibl.pod., (engl.)

Goodard, D.: Zaštita zdravlja rudara (The health of quarry workers)

„Quarry Manag. and Prod.”, 7 (1980) 12, str. 345–350, (engl.)

Redko P. I., Suhovoj, A. I. i dr.: Novi model specijalnog odjela za rudarske spasioce (Novaja model' specodeždy dlja gornospasatelej)

„Sb. nauč. tr. Makeev. in-t po bezopasn. rabot v gorn. prom-sti”, (1979) 16, str. 125–127, 1 il., 2 bibl.pod., (rus.)

Judickij, B. D. i Isakin, A. F.: Samospasoci ŠRS-2 za duže izdržavanje rudara (Samospasateli ŠRS-2 dlja dlitel'noj otsadki gornorabotčih)

„Sb. nauč. tr. Makeev. in-t po bezopasn. rabot v gorn. prom-sti”, (1979) 16, str. 119–120, (rus.)

Pasternack, A.: Samospasoci serije OXY-C-15 (Die OXY-C-15–Gerätereihen)

„Drägerhefte”, (1980) 318, str. 10–14, 4 il., 1 tabl., (nem.)

Typilski, R. V. i Labarre, G. J.: Čišćenje otpadnih voda u rudarskim preduzećima Kanade (Waste-water treatment at Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd)

„CIM Bull.”, 73 (1980) 818, str. 100–103, 4 il., 1 tabl., 2 bibl.pod., (engl.)

Dittberuct, P. I., i Bryant, G.: Korišćenje informacionog sistema pri rekultivaciji narušenog zemljишta (The use of the plant information network in high altitude reforestation)

„Ecol. and Coal Resour. Develop. Int. Congr. Energy and Ecosyst., Grand Forks. N.D., 1978, Vol. 2”, New York, e.a., 1979, str. 1022–1034, (engl.)

Schively, W. W.: Korišćenje otpadaka rudarske proizvodnje za rekultivaciju zemljишta (Waste products: a new trend in reclamation)

„Ecol. and Coal Resour. Develop. Int. Congr. Energy and Ecosyst. Grand Forks. N.D., 1978. Vol. 2”, New York, e.a., 1979, str. 967–972, 4 tabl., 3 bibl.pod., (engl.)

Šinkorenko, S. F., Beleckij, E. P. i dr.: Priročnik za obogaćivanje ruda crnih metala (Spravočnik po obogašenju rud černych metallova)

2-go prerađeno izdanje., M., „Nedra”, 1980, 527 str., il., (knjiga na rus.)

Krasnov, G. D. i Strukov, V. B.: Intenzifikacija razdvajanja minerala u teškim suspenzijama (Intensifikacija razdelenija mineralov v tjaželyh suspenzijah) M., „Nedra”, 1980, 168 str., il., (knjiga na rus.)

Heji, V. i Levorova, V.: Ispitivanje hidrofobizacije površine minerala u prisustvu anjonskih i katjonskih kolektora (Poznatky o hydrofobizaci mineralnih površcu za pritomnosti anion-a kationaktivnih sberaču)

„Rudy”, 28 (1980) 11, str. 317–320, 6 tabl., 24 bibl.pod., (češ.)

Mitrijeva, G. M., Bogachev, V. I. i Šekaliko, V. A.: Usavršavanje reagentnog režima flotacije ruda (Soveršenstvovanje reagentnog režima flotacije ruda)

„Soverš. metodov optimal'n. ispol'z. mineral'n. resursov”, M., 1980, str. 155–166, 4 il., 3 tabl., (rus.)

Lunin, V. D., Čanturija, V. A. i Solovjeva, L. L.: Pitjanje određivanja optimalnih uslova elektrolize tehnološke vode kod selektivne flotacije bakarniklovin ruda (K voprosu o poisku optimal'nih usloviy elektrolize tehnologičeskoy vody pri selektivnoj flotacii medno-nikelevoj rudy)

„Soverš. metodov optimal'n. ispol'z. mineral'n. resursov” M., 1980, str. 167–178, 5 il., 3 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

Okolovič, A. M., Figurkova, L. I. i dr.: Izučavanje uzajamne veze između jonskog sastava rudne palipe za optimizaciju flotacije sulfidnih polimetaličnih ruda (Izuchenie vzaimosvjazi ionnogo sostava rudnoj pali'py dlja optimizacii flotacii sul'fidnyh polimetalličeskikh rud)

„Soverš. metodov optimal'n. ispol'z. mineral'n. resursov”, M., 1980, str. 137–154, 6 il., 4 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

Šrader, E. A., Jagodkin, N. G. i Kovalečuk, H. U.: Ispitivanje selektivne flokulacije mulja oksidnih gvožđevitih kvarcita (Issledovanie selektivnoj flokulacii šlamov okislennych železistyh kvarcitov)

„Soverš. metodov optimal'n. ispol'z. mineral'n. resursov”, M., 1980, str. 179–195, 2 il., 1 tabl., 18 bibl.pod., (rus.)

Hammami, R. i Clement, M.: Dobijanje bakra i cinka iz bakronosnih škriljaca flotacijom uz kasnije izluživanje (Zur Gewinnung von Kupfer und Zink aus Kupferschiefer durch Flotation und Laugung)

„Metall”, (W-Berlin), 34 (1980) 11, str. 989–995, (nem.)

Tišenko, A. G., Kaplun, G. V. i Fedjušin, V. A.: Usavršavanje šeme dopunskega obogaćivanja kolektivnog koncentrata (Soveršenstvovanie shemy dovodki kollektivnog koncentratata)

„Obogač. rud”, (1980) 5, str. 13–16, (rus.)

B u d' k o, I. A., K a r a p e t j a n, E. T. i M a z - r u h o, A. M.: Primena selektivnih rastvarača u cilju koncentracije minerala platske grupe u bakar-niklovim rudama i produktima obogaćivanja (Primenenie selektivnyh rastvoritelej v celjah koncentrirovanija mineralov platinovoj gruppy v medno-nikelevykh rudah i produktakh obogašenija)

„Obogašč. rud”, (1980) 5, str. 26–28, 1 il., 1 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

D o b r e s e u, L., V i s a n, S. i dr.: Dobijanje metala iz nusprodukata flotacije (Valorificarea metalelor din produse intermediere de flotatie)

„Mine, petrol si gaze”, 31 (1980) 11, str. 525–529, (rumun.)

S c o t t, W. R.: Rotacioni vakuum filtri za ugalj (Rotary vacuum coal filters)

„Austral. Mining”, 72 (1980) 7, str. 81, 1 il., (engl.)

T o m i n a g a, H.: Primena kompresione flotacije za čišćenje otpadnih voda i za ostvarenje zatvorenog sistema snabdevanja vodom (orig. na japan.)

„Fuse, Flotation”, 27 (1980) 2, str. 91–102, 8 il., 7 tabl.

R y b a l k o, S. I., O s t a p e n k o, P. E. i dr.: Elektronsko-optičko ispitivanje granica srastanja rudnih i nerudnih minerala u gvožđevitim kvarcitema različitog stupnja metamorfizma (Elektronno-optičeskoe issledovanie granic srastanija rudnyh i nerudnyh mineralov v železistykh kvarcitema različnyh stupenej metamorfizma)

„Obogašč. rud”, (1980) 5, str. 28–31, (rus.)

L o m a g i n, F. E., S a m b u r s k i j, S. A. i P a n k o v, V. M.: Razrada racionalne šeme analitičke kontrole tehnološkog procesa flotacije (Razrabotka racional'noj shemy analitičeskogo kontrolja tehnologičeskogo processa flotacii)

„Obogašč. rud”, (1980) 5, str. 40–43, 2 il., 2 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

I s a e v, E. A.: Povećanje dimenzija granula pri peletizaciji rastresitih materijala (Uveličenje razmera granul pri okomkovaniy sypuchih materialov)

„IVUZ. Gornji Ž.”, (1980) 10, str. 125–128, 1 il., 3 bibl.pod., (rus.)

K u r t z, R.: Teorija briketiranja mrkih ugljeva bez veziva (Theorien der bindemetalllosen Braunkohlen-Brikettierung, Teil 1)

„Braunkohle”, 32 (1980) 11, str. 368–372, 19 bibl.pod., (nem.)

P u d o v, V. F., E r o p k i n, Ju. I. i dr.: Uvođenje usavršene tehnologije obogaćivanja bakar–olevnih ruda Džekazganskog ležišta (Vnedrenie usoveršenstvovannoj tehnologii obogašenija medno–svincovyh rud Džekazganskogo mestorođenija)

„Obogašč. rud”, (1980) 5, str. 12–13, 1 il., 1 tabl., 5 bibl.pod., (rus.)

C l e m e n t, M., D i n h, L. i dr.: Ispitivanje obogaćivanja ruda bakra mešanog tipa u SR Nemačkoj (Untersuchung über die Aufbereitung von Mischerzen der Kupferschieferlagerstätte in Nordhessen)

„Erzmetall”, 33 (1980) 11, str. 554–558, str. A153, A154, A155, (nem.)

S e r d j u k, N. S. i M i h a j l o v, L. M.: Aparatura za automatizaciju postrojenja za obogaćivanje uglja u teškim sredinama (Apparatura avtomatizacii tjaželosrednyh ugleobogatitel'nyh ustavovok)

„Ugal”, (1980) 12, str. 32–33, (rus.)

P a n i č, Ju. V. i P a j k i n, M. Z.: Optimizacija procesa homogenizacije ruda pri pulzirajućem punjenju bunkera u uslovima segregacije ruda pri utovaru (Optimizacija processa usrednenija rud pri pul'sirujućej zagruzke bunkerov v usloviyah segregacii rudy pri zagruzke)

„IVUZ. Gornji Ž.”, (1980) 10, str. 110–117, 3 il., 3 bibl.pod., (rus.)

S i n e p o l's k i j, V. S. i U l ' Š i n, V. A.: Automatska optimizacija procesa obogaćivanja uglja pomoći specijalnih računskih uređaja (Avtomatičeskaja optimizacija processov ugleobogašenija s pomočju specializirovannyh vychislitel'nyh ustrojstv)

„17-j Meždunar. simpoz. po primenjenju EVM i mat. metodov v gorn. i otrasiyah prom-sti, Moskva, 1980. Sekc. 3 E. Č.8”, B.m., 1980, str. 245–256, (rus.)



---

---

**RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD**

izdaje časopis:

**„RUDARSKI GLASNIK“**

(izlazi 4 puta godišnje)

Oglašavajte vaše proizvode u časopisu

Cene:

1/1 strana u crno-beloj tehnici	3.000,00.- d.
1/2 strane u crno-beloj tehnici	2.000,00.- d.

**Redakcija**

---

---

Komisija za rudarsku terminologiju pri Rudarskom institutu u Beogradu pripremila je za vas petojezični

# RUDARSKI TERMINOLOŠKI REČNIK

koji obuhvata 16.500 termina

U radu na rečniku učestvovali su najeminentniji stručnjaci iz rudarstva i njemu srodnih oblasti.

Termini, obuhvaćeni rečnikom, dati su na srpskohrvatskom, engleskom, francuskom, nemačkom i ruskom jeziku.

Na kraju rečnika dat je registar za svaki strani jezik.

Jednostavan, praktičan, u tvrdom povezu, rečnik ima format pogodan za upotrebu.

O-113 odlagalište, hidromonitorno visinsko  flushing dump above level décharge (f) à chasse d'eau au dessus du niveau Hochspülkippe (f) вьсокосмы́вной отвал	O-116 odlagalište, napredovanje  advance of waste dump avancement (m) du dépôt Kippenfortschritt (m) подвигание отвала
O-114 odlagalište, klizanje  stockpile sliding; depot sliding glissement (m) du remblai kippenseitig отвальный оползень	O-117 odlagalište, odbacivačko  stacker dump dépôt (m) formé par l'engin de rejet Absetzerkippe (f) экскаваторный (абзетцерный) отвал
O-115 odlaganje, mesto  depot position; storage position position (f) du dépôt Kippstelle (f) отвальное место	O-118 odlagalište, okrenut ka  facing the stockpile; facing the depot face (f) vers de dépôt; face (f) vers remblai Kippenrutschung со стороны отвала

**USKORO IZLAZI IZ ŠTAMPE**

# **Godišnjak o radu rudnika uglja u 1980. godini**

**Cena knjige je 2.700,00 — dinara.**

Zainteresovani je mogu poručiti ili odmah uplatiti na račun 60805-506-6228  
SDK Zemun, a Redakciji »Rudarskog glasnika« dostaviti tačnu adresu, na  
koju će knjiga biti upućena.

**Knjiga se pre uplate ne dostavlja!**

**Redakcija**

# **PROIZVODAČI OPREME**

Dostavite nam prikaze Vaših najnovijih proizvoda koje ćemo objaviti BES-  
PLATNO u rubrici »Nova oprema i nova tehnička dostignuća«.

Članak treba da obuhvati najviše 5 kucanih stranica sa 2—3 fotografije.

Prikaze dostaviti na adresu:

**R U D A R S K I I N S T I T U T**

Redakcija »Rudarskog glasnika«  
Zemun, Batajnički put br. 2.

**Redakcija**

# POSEBNA IZDANJA RUDARSKOG INSTITUTA

Cena po  
primerku

- Dr ing. Mira Manojlović-Gifing:  
»TEORETSKE OSNOVE FLOTIRANJA« 40,00

## INFORMACIJA C<sub>1</sub>

Informacija o proizvodnji, zalihamama i tržištu uglja koja izlazi mesečno i daje sliku momentalnog stanja, godišnja pretplata 1.000,00

- Prof, ing. N.Najdanović – dr ing R. Obradović:  
„MEHANIKA TLA U INŽENJERSKOJ PRAKSI“ 400,00
- Dr ing. Branislav Genčić:  
»TEHNOLOŠKI PROCESI PODZEMNE EKSPLOATACIJE SLOJEVITIH LEŽIŠTA« (I deo) 50,00
- Prof. dr Velimir Milutinović:  
»KOMPLEKSNA METODOLOGIJA EKONOMSKE OCENE LEŽIŠTA MINERALNIH SIROVINA« 100,00
- »INFORMACIJE B« (po pregledu od 1—56) 25,00



## RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 691-223 telex 11830 YU RI

Na principu inženjeringu, samostalno i u saradnji sa domaćim i stranim izvođačima, Rudarski institut obavlja:

- TERENSKA, LABORATORIJSKA I POLUINDUSTRIJSKA ISTRAŽIVANJA
  - IZRADU NAUČNIH I EKONOMSKO-TEHNIČKIH STUDIJA
  - IZRADU KOMPLETNIH PROJEKATA
- 
- površinske i podzemne eksploatacije mineralnih sirovina
  - oplemenjivanja mineralnih sirovina i primarne prerade obojene metalurgije
  - miniranja, transporta, ventilacije, termotehnike, građevinsko-arhitektonske i elektromontažne delatnosti i tehničke zaštite
- 
- IZGRADNJU OBJEKATA I OPREMANJE POSTROJENJA, NADZOR, PUŠTANJE U POGON, UVODENJE I UHODAVANJE TEHNOLOŠKIH PROCESA I OBUKU KADROVA
  - REKONSTRUKCIJU, MODERNIZACIJU I AUTOMATIZACIJU, NADZOR I VOĐENJE POSTOJEĆIH TEHNOLOŠKIH PROCESA
  - VRŠI OPTIMIZACIJU KAPACITETA I IZBOR NAJPOVOLJNIJIH VARIJANTI KORIŠĆENJEM SAVREMENIH METODA MATEMATIČKIH MODELA

**Centar za dokumentaciju Rudarskog instituta obaveštava o dostignućima svetske rudarske nauke i prakse iz navedenih delatnosti.**

---

U okviru svoje izdavačke delatnosti Rudarski Institut izdaje kvartalni časopis:

**RUDARSKI GLASNIK**



# RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 691-223 telex 11830 YU RI

On engineering principles, independently and in collaboration with domestic and foreign partners, the Institute of Mines performs:

- FIELD, LABORATORY AND PILOT-SCALE INVESTIGATIONS
- ELABORATION OF SCIENTIFIC AND FEASIBILITY STUDIES
- ELABORATION OF COMPLETE PROJECTS FOR
  - open-cast and underground exploitation of mineral ores
  - mineral ore dressing and primary processing of non-ferrous metallurgy
  - blasting, transport, ventilation, heat engineering, civil engineering, electro-machine objects and technical protection
- CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF PLANTS, SUPERVISION, STARTING UP, INTRODUCTION AND RUNNING IN OF TECHNOLOGICAL PROCESSES, AND STAFF TRAINING
- RECONSTRUCTION, MODERNIZATION AND AUTOMATION, SUPERVISION AND MANAGEMENT OF CURRENT TECHNOLOGICAL PROCESSES

Documentation Center of the Institute of Mines supplies information on world's mining science and practice achievements in above mentioned activities.

---

The Institute of Mines editorial activities include the quarterly periodical:

**RUDARSKI GLASNIK**

- veliki broj stručnjaka
- visok naučni i stručni nivo
- ostvareni naučno-istraživački rezultati primjenjeni u praksi
- iskustvo i praćenje naučnih dostignuća u svetu
- savremena oprema garantuju: BRZE

SAVREMENE  
KVALITETNE  
usluge iz navedenih delatnosti

obratite se na:

POSLOVNİCU ZA KONSULTACIJE

I INŽENJERING U RUDARSTVU

Beograd — Zemun, Batajnički put broj 2

Telefon 691-223 (Teleks 11830 YU RI)

Poštanski fah 116.



- large number of experts
- high scientific and specialized level
- realized scientific-research results applied in practice
- experience and following of scientific — technical achievements throughout the world
- up-to-date equipment of numerous laboratories and pilot-scale plants

guarantee:

FAST  
CONTEMPORARY  
HIGH QUALITY

services in above activities

For the arrangement of complete engineering in the field of mining, refer to the:

CONSULTING OFFICE OF THE INSTITUTE OF MINING

Beograd — Zemun, Batajnički put br. 2

tel. 691-223 — telex 11830 YU RI



TEHNIČKI REDAKTOR: MIRÀ MARKOVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA  
NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOG-  
RAD) – FOTO: S. RISTIĆ

