

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 - 9637

BROJ 1  
1987

# RUDARSKI GLASNIK

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

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

IZDAVAČ: RUDARSKI INSTITUT, BEOGRAD (ZEMUN), BATAJNIČKI PUT 2  
EDITOR: INSTITUTE OF MINES, BATAJNIČKI PUT 2, BEOGRAD (ZEMUN), YUGOSLAVIA  
ŠTAMPA: ZAVOD ZA GRAFIČKU DELATNOST INSTITUTA ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV  
ČERNI” – BEOGRAD, BUL. VOJVODE MIŠIĆA 43, TEL. 651-067

RUDARSKI GLASNIK  
YU ISSN 0035 - 9637

BROJ  
**1**  
1987

# RUDARSKI GLASNIK

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

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD (ZEMUN) BATAJNICKI PUT BROJ 2 - JUGOSLAVIJA

***Izdavač:***

**RUDARSKI INSTITUT – BEOGRAD**  
11080 Zemun, Batajnički put br. 2

**Redakcija:**  
11000 Beograd, Zmaj Jovina 21

***Glavni urednik:***

**dr inž. ĐURO MARUNIĆ**

***Redakcioni odbor:***

**RADMILO OBRADOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd**  
**DRAGORAD IVANKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd**  
**ALEKSANDAR ČURČIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd**  
**BORISLAV PERKOVIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd**  
**LJUBOMIR ČOLIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd**  
**MILETA SIMIĆ, dr inž., Rudarski institut, Beograd**  
**GOJKO HOVANEĆ, prof. inž., Rudarski institut, Beograd**  
**VELIBOR KAČUNKOVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd**  
**MIRA MITROVIĆ, dipl.inž., Rudarski institut, Beograd**

***Redakcija:***

**MIRA MARKOVIĆ, dipl.fil., Rudarski institut, Beograd**

**U finansiranju časopisa učestvuje Republička zajednica za naučni rad, Beograd**



## IN MEMORIAM

**Radosav (Raka) Veselinović,  
dipl.inž.rudarstva**

*Nestao je brzo i nečujno neumorni radnik i projektant mnogih rudarskih objekata širom zemlje Radosav (Raka) Veselinović.*

*Rođen je 3. marta 1927. godine u selu Jarušice kod Kragujevca, gde su mu roditelji bili učitelji. Od njih je dobio prve lekcije u vaspitanju i obrazovanju. Gimnaziju je završio u Kragujevcu, u srcu buntovne i revolucionarne Šumadije, što je uticalo na njegovo buduće opredeljenje za životni put neumornog radnika na izgradnji naše zemlje.*

*Posle nacionalizacije rudnika u našoj zemlji mnogi mladi intelektualci—entuzijasti opredelili su se za poziv rudara, iako su znali da je on težak i da će pravo iz klupa krenuti u rudnike, da bi organizovali proizvodnju. On je bio jedan od tih entuzijasta, mada ga je čekao težak životni put organizatora proizvodnje rude u teškim uslovima posleratne podzemne eksploatacije.*

*Na Rudarsko—geološkom fakultetu u Beogradu diplomirao je 1950. godine.*

*Svoje prve radne i stručne sposobnosti pokazao je u jami borskog rudnika u periodu 1950—1954. godine. U tim prvim posleratnim godinama proizvodnja obojenih metala, a naročito bakra, bila je okosnica razvoja opustošene zemlje. Trebalo je naporno i dobro raditi, da bi se postigli tada planirani zadaci, a Bor je te zadatke ispunjavao. Ispunjavanje tog plana doprinio je i mladi inženjer Raka Veselinović. Tokom 1954. godine prešao je u rudnik Ajvaliju na dužnost tehničkog direktora. Na ovom položaju ostaje kraće vreme, posle čega preuzima dužnost direktora iste radne organizacije, koja pored rudnika Ajvalije i Kišnice preuzima i rudnik Novo Brdo. U to vreme ovi rudnici se ubrzano razvijaju i povećavaju proizvodnju, a tu je njegovo učešće veliko. Za osam godina rada u ovom kolektivu on stiče ugled vrsnog rudarskog stručnjaka za koga se mnogi interesuju, a posebno novoosnovani Rudarski institut u Beogradu, koji prikuplja takve kadrove. Svoj novi stvaralački polet doživeo je u Institutu, gde je došao 1962. godine. Da bi odgovorio nameni zbog koje je osnovan, Rudarski institut je bio obavezan da okupi najjemenitnije i najiskusnije kadrove iz rudarske privrede i nauke. Trebalo je da ti kadrovi svoja stečena znanja i iskustva stave u službu čitavog jugoslovenskog rudarstva i rudarske privrede kao celine. U te malobrojne eminentne ličnosti našeg rudarstva ubraja se i inženjer Veselinović. U Institutu se prihvatio velike odgovornosti — razvoja rudnika metala i nemetala sa orijentacijom na podzemnu eksploataciju i uradio mnoge studije i ekspertize, laborate i projekte koji su našli praktičnu primenu u rudnicima metala i nemetala. Skoro da nema rudnika te vrste u našoj zemlji u kojem nema njegovih kompletnih ili delimičnih rešenja, stručnih ili naučnih. Sa svojim timom dao je rešenja za kompletnu tehnologiju*

otvaranja, pripreme, otkopavanja, transporta i izvoza rude u rudnicima olova i cinka Blagodat, Žuta Prlina, Koporić, Crnac, u rudniku gvožđa Vareš, rudnicima boksita Nikšić i Vlasenica i mnogim drugim rudnicima metala i nemetala. Naročito je imao uspeha u pripremanju mlađih iskusnih ljudi za odgovorne stručne poslove.

Pored ovog intenzivnog rada u Institutu, on radi i na svom stručnom i naučnom usavršavanju. Objavio je veliki broj stručnih i naučnih radova koji su publikovani u uglednim časopisima kod nas i u svetu. Učestvovao je na brojnim simpozijumima i kongresima iz oblasti podzemne eksploatacije.

Imajući u vidu njegove naučno—stručne kao i organizatorske sposobnosti, Institut ga bira za upravnika Zavoda za eksploataciju mineralnih sirovina 1980. godine. Na toj dužnosti je ostao do kraja 1986, kada prelazi na novu dužnost savetnika za naučnu i poslovnu politiku Rudarskog instituta, gde nije imao prilike da radi, jer ga je u međuvremenu zadesila smrt.

Inženjer Veselinović je bio dobitnik mnogih društvenih priznanja. Nosilac je ordena rada III reda i ordena rada sa zlatnim vencem, koje je dobio za doprinos u rudarskoj privredi. Pored toga, dobitnik je mnogih prvomajskih nagrada, koje Rudarski institut dodeljuje za uspešna stručna i naučna rešenja iz oblasti rudarstva. Bio je član, a više godina i rukovodilac jugoslovenskog dela Naučno—tehničkog saveta za dobijanje ruda obojenih metala zemalja SEV u SFRJ, gde je dao veliki doprinos u afirmaciji rudarske nauke i prakse u našoj zemlji.

Raka Veselinović je pripadao generaciji inženjera, koja je preživela velika iskušenja i koja je ponela ogroman teret posleratne izgradnje naše zemlje i njenog vitalnog dela privrede — rudnika obojenih metala i nemetala. Zato će se njegova prisutnost još dugo osećati u tehnološkoj šemi mnogih rudnika i radu njegovih drugova i kolega.

## MOGUĆNOSTI POVEĆANJA KAPACITETA RUDNIKA MAGNEZITA MILIĆEVCI U RO ŠUMADIJA – ČAČAK

(sa 3 slike)

Dipl.inž. Radosav Veselinović – dipl.inž. Spasoje Mičić –  
– dipl.inž. Miodrag Ljubić

### Uvod

U okviru RO Šumadija – Čačak istraživanje i eksploatacija magnezita se vrši na više lokaliteta.

Jednu od najperspektivnijih zona predstavlja lokalitet sa istoimenim rudnikom Milićevci u kojoj se nalazi više ležišta magnezita.

Program razvoja RO Šumadija uslovio je potrebu za povećanjem proizvodnje, u prvom redu u okviru rudnika Milićevci. To je omogućeno određenim obimom istraživanja i saznanjima do kojih se došlo, kao i izradom odgovarajuće tehničke dokumentacije.

Sada se u rudniku Milićevci vrši podzemno otkopavanje dela rudarskog ležišta Petrov Do, a povećanje kapaciteta ovog rudnika, kao i čitave RO Šumadija, može da se ostvari:

- izradom i realizacijom projekta za površinsku eksploataciju ležišta Petrov Do i
- izradom i realizacijom projekta za otvaranje i podzemnu eksploataciju ležišta Dugi Do sa Trnovačom.

Dosadašnje analize su pokazale da je zbog povećanja kapaciteta rudnika Milićevci, pored navedenog, potrebno da se u Milićevcima izgradi postrojenje za pretkoncentraciju, kao i odgovarajući infrastrukturni objekti. Ovi objekti nisu predmet razmatranja u ovom članku. Ovde se daje kratak prikaz budućeg otkopavanja ležišta Petrov Do i ležišta Dugi Do sa Trnovačom.

### Površinska eksploatacija ležišta Petrov Do

Ležište magnezita Petrov Do pripada žičnom, a delimično i štokverknom tipu ležišta. Magnezit je zapunio pukotine raznih dimenzija u serpentinisanim peridotitima.

Geološkim istražnim radovima utvrđene su rezerve i kvalitet magnezita, koji obezbeđuje dugogodišnju eksploataciju, a tekuća istraživanja potvrđuju mogućnost postojanja novih rudnih rezervi.

Sve ovo, kao i povoljne komunikacije, ukazuje na opravdanost eksploatacije ovog ležišta.

### Ograničenje površinskog kopa i odlagališta

Konture površinskog kopa su određene položajem ležišta u prostoru, konfiguracijom terena, geomehaničkim parametrima stabilnosti kosina i dr. Na osnovu toga je projektovana kontura površinskog kopa (slika 1), dok je razgraničenje površinske i podzemne eksploatacije utvrđeno tehnološko-ekonomskom analizom. Ova analiza je pokazala da je opravdano da se površinskim načinom eksploatacije ovo ležište otkopava do nivoa 410 m, sa srednjim koeficijentom otkrivke  $K_0 = 3,42 \text{ m}^3/\text{t}$ .

Prostor za odlaganje jalovine je određen u neposrednoj blizini kopa na sterilnom terenu.

- fizičko—mehaničke osobine radne sredine
- prostorni položaj rudnog tela
- visinu i broj etaža i
- položaj odlagališta i drugih objekata.

Na osnovu toga, tehnološki postupak obuhvata sledeće faze:

- bušenje sa prečnikom  $d = 85$  mm i miniranje eksplozivima tipa amonal i borit
- utovar korišćenjem mašina sa zapreminom kašike od  $3,0$  m<sup>3</sup>
- transport kamionima čija je nosivost oko 15 t
- odlaganje i pomoćni radovi, korišćenjem buldozera i grejdera
- odvodnjavanje pomoću pumpi sa kapacitetom oko 80 l/min.

Rovna ruda iz ovog ležišta se transportuje do postrojenja za pretkoncentraciju, koje je locirano sa zapadne strane površinskog kopa. Uz postrojenje za pretkoncentraciju nalazi se odlagalište jalovine, koja se dobija u postupku pretkoncentracije.

#### Podzemna eksploatacija ležišta Dugi Do sa Trnovačom

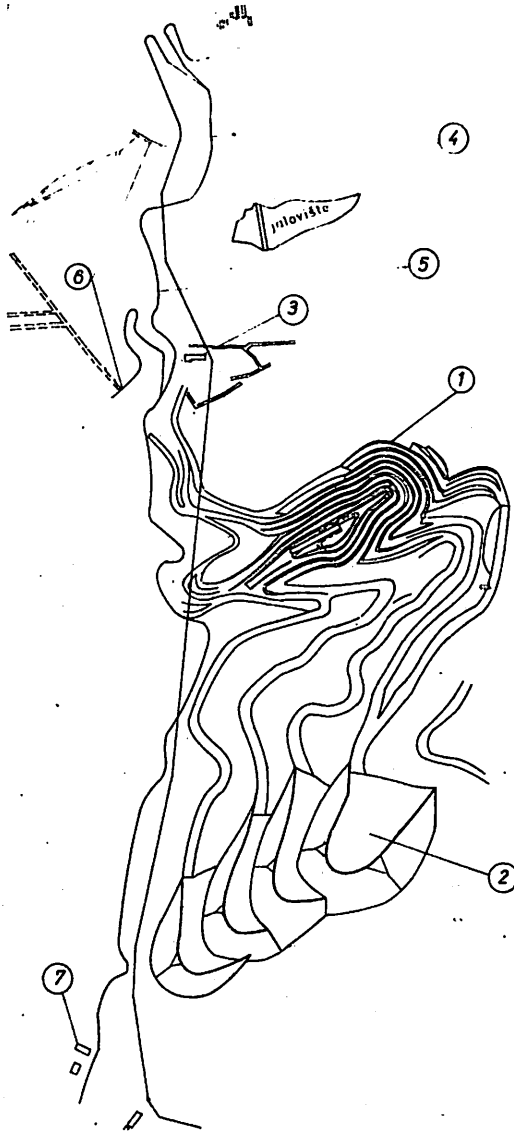
Dugi Do sa Trnovačom je ležište žičnih magnezita u kome je istraženo pet rudnih žica. Generalno pružanje žica je jugozapad—severoistok, a zaleganje se kreće od  $65^{\circ}$  do  $80^{\circ}$ . Moćnost rudnih žica je promenljiva i kreće se od 0,60 do 1 m.

Serpentinisani peridotiti i serpentiniti su matične stene rudnih žica koje, kao i same rudne žice, predstavljaju povoljnu radnu sredinu.

Oblik i zaleganje rudnih žica, količina i raspored rude u ležištu nedvosmisleno nameću podzemni način eksploatacije.

Istraživanje ležišta vršeno je istražnim potkopi-ma, odnosno istražnim hodnicima i uskopima. Potkopom na koti 454 presečena je ruda žica br. 1, pod uglom od oko  $90^{\circ}$ , i praćena je po pružanju na dužini od oko 500 m. Iz tog hodnika izrađen je prečni istražni hodnik, kojim su pod približno pravim uglom presečene ostale rudne žice. I ove rudne žice praćene su smerhim istražnim hodnicima.

Iznad navedenog nivoa istraživanje je vršeno istražnim uskopima do površine.



Sl. 1 — Konture površinskog kopa Petrov Do  
1 — površinski kop; 2 — odlagalište; 3 — separacija; 4 — jalovište separacije; 5 — pristupni put; 6 — Dugi Do sa Trnovačom; 7 — upravna zgrada.

#### Izbor tehnološkog procesa eksploatacije

Izbor tehnologije površinske eksploatacije određen je s obzirom na:



**Otvaranje ležišta**

Otvaranje ležišta izvršeno je, praktično, istražnim potkopima na dva horizonta.

Glavni izvozni potkop GIP—454 i ostali hodnici predstavljaju istražne prostorije na tom horizontu, koje se zbog otvaranja ležišta rekonstruišu. Tim prostorijama otvaranja obuhvata se oko 70% istraženih rezervi u ležištu.

Istražnim, zapravo budućim izvoznim potkopom IP—415, izvršeno je otvaranje na ovom nivou i njime su obuhvaćene preostale rezerve u ležištu.

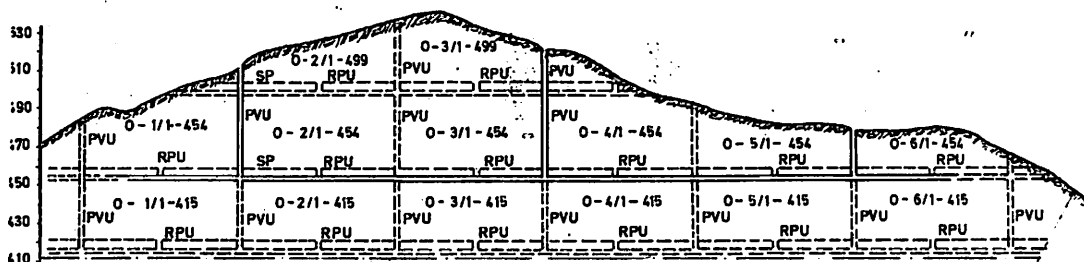
**Metoda otkopavanja**

Za otkopavanje je izabrana metoda horizontalno—krovnog otkopavanja sa samozasipavanjem. Pripremni radovi se izvode iz smernih transportnih

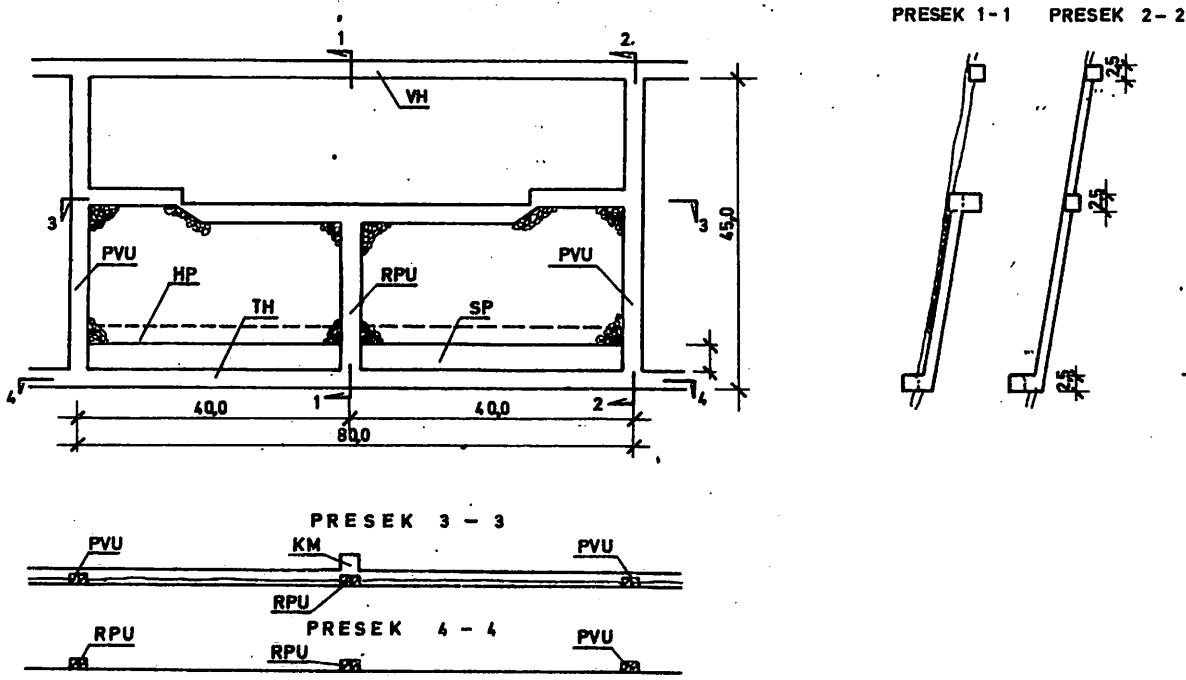
hodnika, kao što je prikazano na uzdužnom preseku kroz rudnu žicu (slika 2).

Prolazno—ventilacioni uskopi, između kojih se formira otkopni blok, rade se na rastojanju od 80 m. Na sredini otkopnog bloka izrađuje se rudno—prolazni uskop do nivoa donje sigurnosne ploče, čija je visina 4 m. Na toj visini radi se hodnik podsecanja, čime praktično počinje otkopavanje.

Samo otkopavanje se vrši selektivno u horizontalnim etažama odozdo nagore. Prvo se buše i miniraju bušotine u jalovini, a posle toga se jalovina razastire po otkupu i koristi za zasip. Zatim se buše i miniraju bušotine u rudnoj žici. Oborena ruda se utovaruje samohodnim utovarnim mašinama MIS—Ip i odvozi do rudno—prolaznih uskopa koji se formiraju kroz zasip. Šema otkopavanja data je na slici 3.



Sl. 2 — Presek po pružanju rudne žice br. 1



Sl. 3 — Šema otkopavanja

Provetravanje jame vrši se kompresiono, pri čemu se vazduh dovodi kroz KIP—454 i prolazno—ventilacionim uskopima dalje do otkopa, te kroz njih usmerava do sledećih prolazno—ventilacionih uskopa kojima se vodi na površinu.

Osnovni tehnički pokazatelji metode otkopavanja su sledeći:

— iskorišćenje	85,24%
— osiromašenje	15,50%
— faktor pripreme	20 mm/t
— kapacitet otkopa	17,70 t/smena
— otkopni učinak	4,40 t/nadn.

Očigledno je da se radi o metodi niske produktivnosti, čijom se primenom obezbeđuje visoko iskorišćenje i kvalitet rovne rude.

### Zaključak

Povećanje kapaciteta rudnika magnezita Milićevci, a time i RO Šumadija — Čačak, moguće je realizacijom programa, po kome će se ležište Petrov Do, umesto podzemnim, otkopavati površinskim načinom eksploatacije, a ležište Dugi Do sa Trnovačom početi da otkopava podzemnim načinom eksploatacije. To će omogućiti da se sadašnji kapacitet rudnika Milićevci poveća za oko četiri puta.

Produktivnost i iskorišćenje ležišta, koji će se ostvariti površinskom eksploatacijom ležišta Petrov Do, svakako će uticati na povećanje ovih tehničkih pokazatelja u rudniku Milićevci, kao i čitavoj RO Šumadija. Sa druge strane, omogućiće se paralelna podzemna eksploatacija ležišta magnezita, koja imaju karakteristike kao rudno ležište Dugi Do sa Trnovačom.

### SUMMARY

#### Possibilities for Increasing Magnesite Milićevci Output in RO Šumadija, Čačak

Magnesite Mine Šumadija — Čačak development program imposed the need for output increase.

Exploratory works indicated that the most perspective zone is located within Mine Milićevci, where underground mining of ore deposit section Petrov Do is carried out presently.

The paper presents an outline of the possibility of increasing Mine Milićevci output by realization of the project for opencast mining of deposit Petrov Do and underground mining of deposit Dugi Do, including Trnovača. This will afford and four times increase of mine output, together with increased deposit recovery rate and productivity of work.

### ZUSAMMENFASSUNG

#### Möglichkeiten der Leistungssteigerung von Magnesitbergbauwerk Milićevci im Arbeitsbetrieb Šumadija, Čačak

Das Weiterentwicklungsprogramm des Bergbauwerkes Šumadija — Čačak machte zum Bedarf die Steigerung von Produktion.

Die Forschungsarbeiten ergaben, dass sich für die Zukunft sinnvollste Zone im Bergbauwerk Milićevci, wo zur Zeit der Abbau unter Tage der Erzlagerstätte Petrov Do läuft bietet.

Der Artikel bietet eine Übersicht von Möglichkeiten für die Steigerung der Leistung im Bergbauwerk Milićevci einerseits durch die Realisation des Projektes für Tageabbau der Lagerstätte Petrov Do und Abbau unter Tage in der Lagerstätte Dugi Do mit Trnovača, andererseits. Dadurch wird die Leistung des Bergbauwerkes um das vierfache gesteigert wobei gleichzeitig eine bessere Ausnutzung der Lagerstätte und Arbeitsproduktivität erreicht wird.

### РЕЗЮМЕ

**Возможности увеличения производительности рудника магnezита Миличевцы в РО Шумадия, Чачан**

Программа развития рудника магnezита Шумадия — Чачан обусловила необходимость увеличения производства.

Исследовательскими работами установлено, что самая перспективная зона находится в рамках рудника Миличевцы, в котором в настоящее время производится подземная разработка части рудного месторождения Петров До.

В статье дан обзор возможности увеличения производительности рудника Миличевцы проекта по открытой разработке месторождения Петров До и подземной эксплуатации месторождения Дуги До с Трновачей. Этим увеличивается производительность рудника приблизительно в четыре раза, с увеличением использования месторождения и увеличения производительности труда.

**Автори:** dipl.inž.Radosav Veselinović, dipl.inž.Spasoje Mičić i dipl.inž.Miodrag Ljubinović, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd  
**Recenzent:** dipl.inž.V Kačunković, Rudarski institut, Beograd  
**Članak primljen 25.2.1987, prihvaćen 17.3.1987.**

## PRILOG REŠENJU PROBLEMA FORMIRANJA UNUTRAŠNJEG ODLAGALIŠTA POVRŠINSKOG KOPA KOSOVO U BELAČEVCU

(sa 3 slike)

Dipl.inž. Nebojša Maksimović — dipl.inž. Branislav Kokotović  
— dipl.inž. Zlatan Matko — dipl.inž. Miodrag Mirković  
— dr.inž. Radmilo Obradović

### Uvod

Dimenzionisanje spoljašnjih odlagališta površinskih kopova uglja predstavlja za projektante kompleksan problem. Niz faktora utiče na njegovu zapreminu, od kojih su najvažniji:

- promena rudarsko—geoloških uslova po otvaranju ležišta
- dinamika eksploatacije otkrivke i uglja.

Većina ovih elemenata se ne može predvideti u fazi projektovanja, pa projektanti na bazi iskustvenih elemenata koriguju proračune i uvećavaju ih za sigurnosni faktor.

Pored elemenata rezerve praksa je pokazala da su predviđeni prostori spoljašnjeg odlagališta nedovoljni, pa dolazi do njihovog proširenja. Najčešći uzorak je kašnjenje u gradnji TE koja uslovljava promenu dinamike eksploatacije uglja, odnosno nedostatak prostora za prelaz sa spoljašnjeg na unutrašnje odlagalište.

Spoljašnja odlagališta, s obzirom na lokaciju površinskog kopa, nalaze se na ugljenom sloju tako da njihova proširenja predstavljaju dodatne troškove za buduće rudnike locirane u kosovskom basenu. Lokacije spoljašnjih odlagališta predstavljaju i degradaciju ziratnog zemljišta, koje je inače veoma gusto naseljeno. Nadvišenja spoljašnjih odlagališta predstavljaju veću potrošnju energije i materijala, kao i eventualnu dodatnu investiciju za povećanje ukupnog broja radnika.

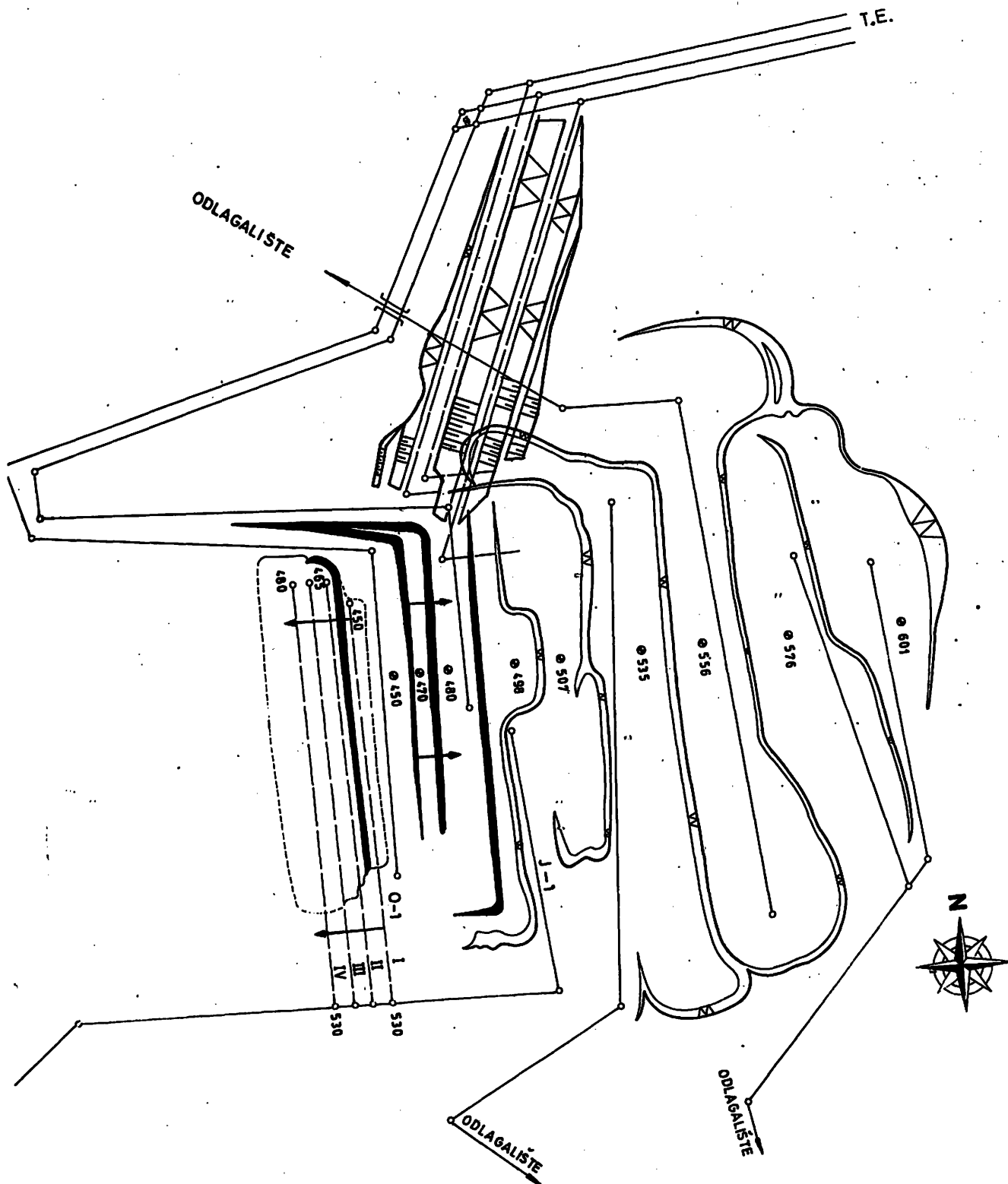
Na severnoj završnoj kosini površinskog kopa Belačevac dolazilo je do nekontrolisanog klizanja jalovinskih masa ka ugljenim etažama i do ugrožavanja procesa transporta otkopanog uglja. Pokušaji stabilizacije kosine armirano—betonskim ankerima u uglju nisu dali očekivane rezultate. Preko završne severne kosine prolaze izvozni putevi za snabdevanje TE ugljem, pa stabilizacija ove zone ima veliki značaj za rad površinskog kopa.

Izvršena sanacija i izmeštanje transporterera omogućavaju dalji rad, ali u otežanim uslovima, uz stalni nadzor i povećane troškove.

Odlaganje otkrivke u unutrašnje odlagalište uticalo bi na definitivnu stabilizaciju poremećene završne kosine i omogućilo lakšu koordinaciju rada s obzirom na koncentraciju radilišta.

Prelaskom BTO sistema u unutrašnje odlagalište skratili bi se transportni putevi i troškovi energije i potrošnog materijala. Smanjenje karika u lancu BTO bitno bi uticalo na smanjenje zastoja, a povećanje efektivnog fonda sati rada bagera, dovelo bi do povećanja godišnjeg kapaciteta površinskog kopa uz sniženje jedinične cene kubika, odnosno ekonomičnijeg poslovanja rudnika.

Pored pojave odrona na prostoru unutrašnjeg odlagališta i deformacije bokova površinskog kopa konstatovana je pojava samozapaljivanja uglja. Prekrivanjem otkrivkom, prelaskom na unutrašnje odlagalište, eliminiše se i ova negativna pojava koja otežava eksploataciju i ugrožava radne uslove zaposlenih.



### Pripreme za formiranje unutrašnjeg odlagališta

Prelazak na unutrašnje odlagalište površinskog kopa Belačevac uslovljen je izmeštanjem sistema za transport uglja do TE. Izmeštanje sistema je predviđeno izradom useka koji bi se izveo osnovnom i pomoćnom opremom rudnika Belačevac. Uvođenjem novog transportnog useka za odvoz uglja počeli bi radovi na formiranju unutrašnjeg odlagališta.

Slika 1 prikazuje sadašnje stanje površinskog kopa i dispoziciju novog useka.

Rad na formiranju useka i izmeštanju izvoznih ugljenih transportera, pri čemu bi se formirale tri izvozne linije, tekao bi u dve faze:

— u prvoj fazi bi se formirao jedan usek širok 15 m u osnovi po kome bi se postavile dve izvozne linije

— u drugoj fazi bi se formirao još jedan usek, i to u proširenju prvo formiranog, po kome bi se postavila jedna izvozna linija.

Izmeštanjem ugljenih izvoznih transportera omogućilo bi se sledeće:

1. transport sa tri nezavisna ugljena transporter
2. uklanjanje izvoznih transportera sa nestabilne severne završne kosine
3. uslovi za formiranje unutrašnjeg odlagališta.

### Formiranje unutrašnjeg odlagališta

Po izmeštanju ugljenih izvoznih transportera počelo bi formiranje unutrašnjeg odlagališta. Kao i u prethodnom, i u ovom tehnološkom zahvatu postoje dve faze:

- prva faza — pripremna
- druga faza — početak odlaganja.

U toku prve faze formirala bi se trasa za postavljanje odlagališnog transporter, trasa za transport i mesto za uključivanje odlagača na odlagališni transporter.

Odlagališni transporter bi se jednim delom postavio po neotkopanom ugljenom stubu na koti terena 450 m.n.v., dok bi se svojim drugim kraćim delom postavio po južnoj završnoj kosini površinskog kopa. Završna kosina je dosta strma, pa se na njenom planiranju moraju očekivati obimniji buldozerski radovi, a može se angažovati i bager

dreglajn. Ne predviđa se izrada trase za vezni transporter, s obzirom da se koristi postojeća trasa koja se koriguje u zoni pogonske stanice. Za transport odlagača sa spoljašnjeg na unutrašnje odlagalište treba uraditi trasu u skladu sa tehničko-tehnološkim karakteristikama opreme.

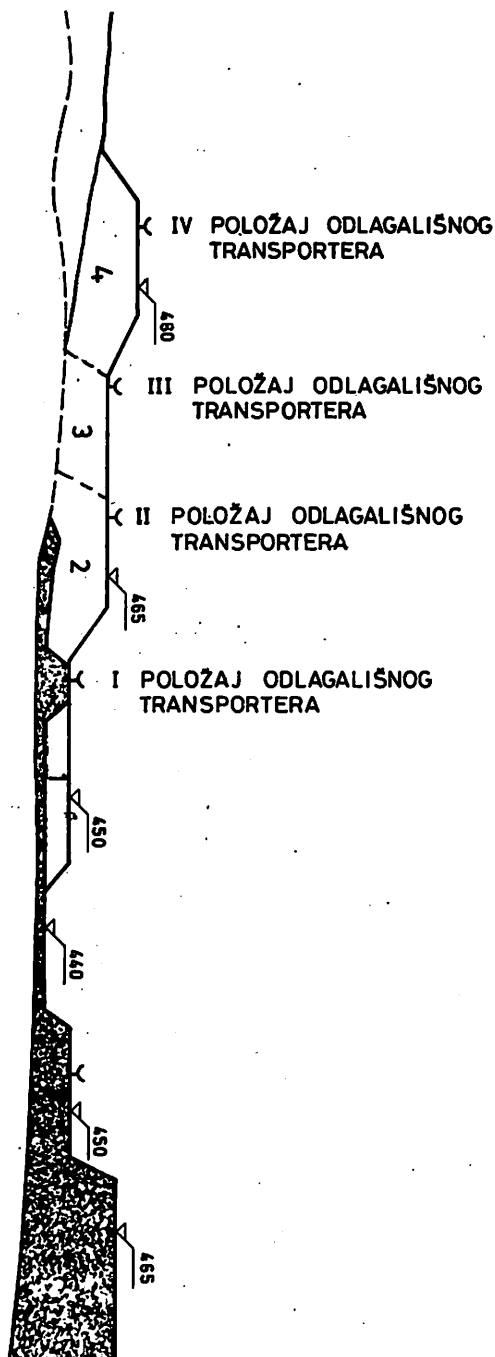
Druga faza formiranja unutrašnjeg odlagališta počinje uključivanjem odlagača na odlagališni transporter u novom položaju. Unutrašnje odlagalište bi se formiralo od uglja, uz jedno odlaganje u dubinskom bloku na ugljenoj etaži, gde bi u daljem radu pravac napredovanja bio suprotan od pravca napredovanja fronta ugljenih etaža. Smer napredovanja odlagališta direktno zavisi od uslova geomehničke stabilnosti, kao i situacije na terenu preko koga se jalovinske mase odlažu, a u funkciji je postizanja optimalne nivelete odlagališnih etaža.

Odlagač bi se uključio sa istočne strane odlagališnog tračnog transporter na koti terena 450 m.n.v. u zoni proširenog, ranije otkopanog dela ugljenog bloka. Jalovinski materijal bi se odlagao dubinski do kote 440 m.n.v., kasnije i do kote 430 m.n.v., odnosno do podine uglja. Odlaganjem prvog dubinskog bloka sa istočne strane odlagališnog transportera, odnosno ka ugljenoj etaži stvorio bi se zaštitni stub, odnosno podloga za naredno odlaganje. Odlagač bi po završetku odlaganja na istočnoj strani prešao na zapadnu stranu transporter i odložio prvi visinski blok. Visinski blok bi imao završnu kotu 465–467 m.n.v. s tim što bi jednim svojim delom bio naslonjen na južnu završnu kosinu površinskog kopa. Odlagač bi, zatim, ponovo prešao preko transporter i u zoni pogonske stanice formirao „rampu“ za transport na kotu 467 sa kote 450 m.n.v.

Praktično, odlagač bi po rampi izašao na formirani visinski blok. Transporter bi se demontirao i izneo na novoformirani visinski blok. Podrazumeva se da je trasa za novi položaj odlagališnog transporter po završnoj južnoj kosini unapred pripremljena. Iz novog položaja etažni transporter će se u zoni pogonske stanice produžiti, da bi se novoodloženi materijal naslonio i na severnu završnu kosinu površinskog kopa po koti 470 m.n.v. Oslanjanje unutrašnjeg odlagališta i na severnu završnu kosinu površinskog kopa je značajno sa aspekta stabilnosti. Odlagač nastavlja dalje odlaganje jalovinskih masa sa zapadne strane odlagališnog transporter, a u istoj niveleti. Kada odlagač stigne do južne završne kosine površinskog kopa, vraća se ka pogonskoj stanici, otkaci se, a transporter se pomeri do istoj niveleti i novi položaj. Iz novog

položaja odlagač će sa zapadne strane transportera formirati visinski blok završno sa kotom 480 m.n.v. Kao i pri formiranju prethodnog visinskog bloka uspostaviće se kontakt sa severnom i južnom završnom kosinom površinskog kopa. Odlagač zatim prelazi preko tračnog transportera i u zoni pogonske stanice formira rampu za transport sa

kote 465 na kotu 480 m.n.v. Odlagač se transportuje na navedenu kotu terena, a transporter se demontira i prenosi u novi položaj na 480 m.n.v. kotu (slike 2 i 3). Posle formiranja odlagališne etaže na koti 480 m.n.v. stižu se svi uslovi za ulazak II i III BTO sistema na unutrašnje odlagalište.



SI. 2 – Presek A–A

Pri daljem odlaganju na unutrašnje odlagalište neophodno je da se nastavi formiranje etaža do kote 540 m.n.v., pri čemu bi se, poštujući uslove geomehaničke stabilnosti i tehničko-tehnološke karakteristike angažovane opreme, degradirani prostor doveo u oblik koji omogućava uslove za tehničku rekultivaciju.

Sagledavajući obim poslova na pripremi za formiranje unutrašnjeg odlagališta može se napomenuti sledeće:

- za izmeštanje ugljenih izvoznih transportera i izradu useka potrebna je jedna godina. Radovi ne podrazumevaju potpuno zaustavljanje proizvodnje na uglju, već parcijalno zaustavljanje sistema u okviru redovnih remonta i servisa opreme

- za izmeštanje odlagališta i BTO sistema proizvodnja bi se zaustavila za oko mesec dana, naravno pod uslovom da je do momenta zaustavljanja sistema sve pripremljeno za tehnološki zahvat.

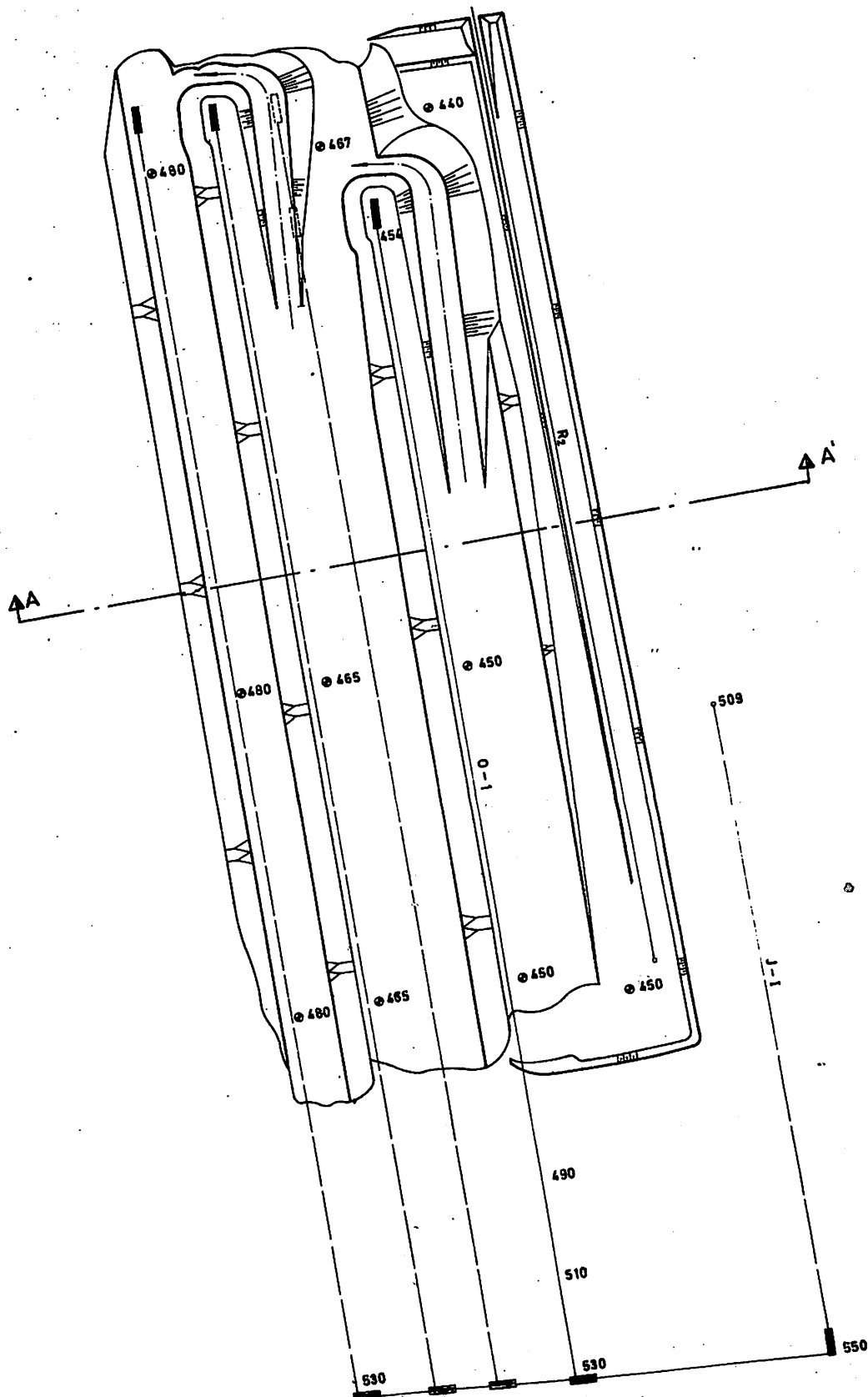
Sa odlaganjem na unutrašnje odlagalište ne može se početi pre 1988. godine, dok se ulazak II i III BTO sistema u unutrašnje odlagalište može očekivati u toku 1990. god.

#### Verifikacija kosina na formiranom odlagalištu

Polazeći od činjenice da je stepen zbijenosti jalovine u odlagalištu u obrnutoj zavisnosti od brzine delovanja opterećenja, kao i dosadašnjeg iskustva da se sa povećanjem intenziteta opterećenja povećava i stepen zbijenosti u jednakim vremenskim intervalima, odnosno zavisnost zbijenosti jalovine od vremena je direktna, postavlja se pitanje adekvatnog usklađivanja tehnologije odlaganja i brzine otkopavanja.

Stabilnost jalovine u odlagalištu, kao i sistem odlagališta koji će se formirati u radu dubinskog i visinskog odlaganja (prva etaža), umnogom zavisi od prethodne konstatacije i stena neposredne podloge.

Analizirajući geološke profile pravca jug–sever ustanovljeno je da podina oscilira u veoma širokim





granicama od 425 do najviše 445 m, a na profilima zapad–istok je slična situacija – od 424 do 443. Sve ovo upućuje na veoma neregularnu geometriju dubinske predetaže unutrašnjeg odlagališta, čija je praktična visina 0 do 28 m. S obzirom da podina ima pad u pravcu otkopavanja to bi se i visine predodlagališta kretale od 10 do 15 m, visina dubinske etaže prema tehnološkim zahtevima iznosila bi minimum 15 m, a visina visinske etaže minimum 12 m. Pomenute tehnološke karakteristike odlaganja odnose se na definitivni izgled posle obrazovanja unutrašnjeg odlagališta.

Naša dosadašnja iskustva sa odlaganjem jalovine na spoljašnjim odlagalištima kosovskog basena ukazuju da se pri izboru računskih parametara za jalovinu koja će se odlagati mora postupati veoma oprezno, s obzirom da su siva i druga glina veoma nepodesne po svom mineraloško–petrografskom sastavu (hidro minerali i organske supstance) i da spada u veoma aktivne gline prema kriterijumima Škenytona.

Ugao nasipanja jalovine kreće se od  $32^{\circ}$  do  $38^{\circ}$ , prosečna vrednost može se usvojiti da je  $33^{\circ}$ .

Usvajajući tehnološka rešenja, visina odlagališta bi se kretala od 95 m do 140 m, pri čemu se mora formirati stabilan generalni ugao sa nagibom od  $8^{\circ}$  do  $13^{\circ}$ .

Prvi sistem odlaganja (dubinski i visinski), sa maksimalnom visinom  $h = 31$  m ( $17 + 14$ ), dao bi zadovoljavajući faktor sigurnosti od 1,30 sa usvajanjem postojećeg koeficijenta podnog pritiska od  $r_u = 0,30$ .

Drugi sistem odlaganja (i treći) sa predetažnom maksimalnom visinom  $10 + (17 + 14) = 41$  m,

takođe zadovoljava postavljene kriterijume sigurnosti.

Parcijalne tehnološke šeme mogu se držati u željenoj stabilnosti pod uslovom strogog pridržavanja predviđene tehnološke šeme odlaganja.

Međutim, na osnovu analize stratoizohipsi podine uglja, vidi se da je podina vrlo neregularna bez zakonitosti u padu, kako u pravcu napredovanja formiranja odlagališta tako i u poprečnom pravcu. Provera stabilnosti protiv smicanja odlagališta po podini za nagibe do  $5^{\circ}$  zaključuje da realno ne postoje uslovi za nestabilnost.

Sadašnji preliminarni proračuni i analize u generalnom pogledu ukazuju da, uz poštovanje tehnologije odlaganja, predviđanje mera za regularno odvođenje podzemnih i drugih voda koje bi se pojavile u odlagalištu i drugih mera, formiranje unutrašnjeg odlagališta ne bi dovelo do nekih značajnijih problema u ukupnoj stabilnosti odlagališta.

Realni fenomen, koji se mora proučiti, je geološki, tj. ponašanje promena čvrstoće smicanja jalovine u odlagalištu.

#### Zaključak

Formiranje unutrašnjeg odlagališta površinskog kopa Belačevac je značajan i kompleksan zadatak za rudnik. Da bi se uspešno izvršio potrebno je da se izmeste izvozni transporteri za uglj i urade pripremni radovi za početak formiranja osnovne nivelete odlaganja. Prełaskom sistema u unutrašnje odlagalište postići će se značajne uštede na transportu masa, skraćenje transportnih puteva, sanacija završnih kosina, eliminacija žarišta požara i koncentracija radova.

#### SUMMARY

##### Contribution to Solving Formation of Internal Disposal Dump of Openpit Mine Kosovo – Belačevac

Formation of the internal disposal dump of Openpit Mine Belačevac is a significant and complex task for the Mine. Successful completion there of requires displacement of delivery coal conveyor belts and preparatory works for initiation of formation of disposal dump basic level. System transfer to the internal disposal dump will afford significant savings in overburden transport, shortening of conveyor routes, sanation of end slopes, elimination of fire focuses and concentration of operations.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Beitrag zur Problemlösung bei der Gestaltung einer Innenkippe im Tagebau Kosovo in Belačevac

Die Gestaltung von einer Innenkippe im Tagebau Belačevac ist eine wichtige und komplexe Aufgabe für das Bergbauwerk. Um ihr mit Erfolg nachzugehen, sollte man die Ausgangsförderer der Kohle verlegen und Vorbereitungsarbeiten für die Gestaltung der Grundnivelette für die Kippstelle vornehmen. Durch den Übergang des Systems zur Innenkippe werden bedeutende Ersparnisse beim Transport von Massen, Verkürzung der Transportstrassen, Sanierung der Endböschungen und Beseitigung Brandgefahren und dadurch eine Konzentration von Arbeiten erreicht.

## РЕЗЮМЕ

### Приложение решению проблемы формирования внутреннего отвала открытой разработки Косово в Белачевце

Формирование внутреннего отвала открытой разработки Белачевац является ответственным и комплексным заданием для рудника. Для успешного выполнения задания необходимо разместить транспортеры для угля и выполнить подготовительные работы по формированию основной проектной линии отвала. Переходом системы в внутренний отвал будут достигнуты значительные экономии на транспорте масс, укорочении транспортных дорог, восстановлении конечных откосов, исключении очага пожара и концентрации работ.

Autori: dipl.inž. Nebojša Maksimović, dipl.inž. Branislav Kokotović, dipl.inž. Zlatan Matko, dipl.inž. Miodrag Mirković i dr inž. Radmilo Obradović, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzant: dipl.inž. M. Makar, Rudarski institut, Beograd  
Članak primljen 12.1.1987, prihvaćen 17.3.1987.

## DOPRINOS IZUČAVANJU PROBLEMA STABILNOSTI PODZEMNIH PROSTORIJA NA PRIMERU OTKOPAVANJA RUDNOG TELA NOVO OKNO U RUDNIKU BAKRA BOR

(sa 3 slike)

Dr inž. Jovan Radojević — Dragan Vranić, sam. tehn.sarad.

Problematika otkopavanja rudnog tela Novo Okno u Rudniku bakra Bor bila je predmet proučavanja, u toku tri istraživačke godine, grupe stručnjaka okupljenih u timu Rudarsko—geološkog fakulteta iz Beograda kao nosioca naučne teme „Studija iznalaženja mogućnosti otkopavanja bogatih ležišta bakra u cilju maksimalnog iskorišćenja rudne supstance u zoni sigurnosti stubova industrijskih objekata RTB Bor — otkopavanje rudnog tela Novo Okno“, koji su finansirali Republička zajednica nauke SR Srbije i Rudnik bakra Bor.

Ovaj rad se odnosi na određivanje odgovarajućih parametara radne sredine, neophodnih za projektovanje metode otkopavanja, kao i na praćenje ponašanja krovine u toku otkopavanja bloka 2 — istok, radi obezbeđenja uslova za nesmetano otkopavanje centralnog stuba rudnog tela Novo Okno.

### Uvod

Rudno telo Novo Okno nalazi se u neposrednoj blizini glavnog izvoznog okna Rudnika Bor i neposredno ispod važnih, spoljnih industrijskih objekata.

Karakteristika ovog rudnog tela je da je po sadržaju bakra bogatije, a nalazi se na dubini od 250. do 300 metara sa generalnim pružanjem istok—zapad, u obliku blage sinklinale sa padnim uglom na krajevima između 25° i 30°.

Neposredno posle izvršenih istraživanja sa površine, rudno telo je istraženo i odgovarajućim rudarskim radovima, kojima je podeljeno na dva bloka (istočni i zapadni), odvojena centralnim sigurnosnim stubom širokim 20 metara.

U toku rada na ovoj studiji završeno je otkopavanje krajnjeg zapada i krajnjeg istoka rudnog tela, pa se sada otkopavanje obavlja u bloku 1 — zapad i bloku 2 — istok, na način kako je to navedenom studijom predviđeno i odgovarajućim projektima dokumentovano.

Za potrebe do sada projektovane metode otkopavanja navedenih blokova, ali i za potrebe najdelikatnije operacije otkopavanja centralnog stuba, izvršena su odgovarajuća ispitivanja radne sredine iz aktivnih otkopa uz postavljanje odgovarajućeg sistema praćenja ponašanja krovine u bloku 2 — istok.

### Analiza fizičko—mehaničkih osobina rude i pratećih stena

Ispitivanje fizičko—mehaničkih osobina ruda i pratećih stena rudnog tela Novo Okno vršeno je u više navrata s tim što su početna ispitivanja, koja je radila laboratorija za mehaniku stena Tehničkog fakulteta iz Bora, izvršena već u fazi istraživanja rudnog tela rudarskim radovima.

Imajući u vidu da je ovim ispitivanjem obuhvaćen mali broj uzoraka (što je normalno u toj fazi

istraživanja), preduzeta su u toku 1984. i 1985. godine odgovarajuća dopunska ispitivanja fizičko—mehaničkih osobina rude i pratećih stena i to:

— u toku izrade „kontrolne galerije“ na 5 uzoraka visoke krovine

— na 8 uzoraka rude sa aktivnih otkopa, tokom 1984. godine

— na 720 uzoraka krovine dobijenih iz jezgra 13 bušotina izvedenih u „kontrolnoj galeriji“.

Uzimajući u obzir i podatke o izvršenim ispitivanjima na 17 uzoraka iz faze istraživanja rudnog tela došli smo do potrebne mase podataka, koja omogućuje statističku analizu, a sve sa ciljem da se dobiju što pouzdaniji podaci o parametrima radne sredine.

Kako se radi o standardnim statističkim proračunima, odlučili smo da tablično prikazemo dobijene rezultate za uzorke rude i krovine sa napomenom da se radi o parametrima radne sredine koji su primenjeni kod projektovanja otkopne metode.

**Statistički parametri pojedinih ispitivanja za uzorke rude**

STATISTIČKI POKAZATELJI	zapremnina mase $\rho$ /cm <sup>3</sup>	čvrstoća na pritisak G daN/cm <sup>2</sup>	čvrstoća na istezanje G daN/cm <sup>2</sup>	ugao unutrašnjeg trenja $\varphi$ (°)	kohezija C daN/cm <sup>2</sup>
MAKSIMALNA VREDNOST X	4,24	1810	1530	—	—
MINIMALNA VREDNOST X	2,55	129	16,0	—	—
SREDNJA VREDNOST $\bar{X}$	2,83	700,88	64,38	55° 35'	78,18
VARIJANSA $G^2$	0,24	70021,88	1942,99	—	—
STANDARDNO ODSUPANJE	0,49	261,11	44,08	—	—
STANDARDNA GREŠKA $S_x$	0,078	44,45	6,97	—	—
KOEFICIJENT VARIJACIJE $K_v$	17,45	29,26	68,48	—	—
BRJ ČLANOVA	40	40	40	—	—
$\Sigma X$	113,1	28022,5	2575,10	—	—
$\Sigma X^2$	15791,61	8,97x10 <sup>9</sup>	6681140,0	—	—

**Statistički parametri pojedinih ispitivanja za uzorke krovine**

STATISTIČKI POKAZATELJI	zapremnina mase $\rho$ /cm <sup>3</sup>	čvrstoća na pritisak G daN/cm <sup>2</sup>	čvrstoća na istezanje G daN/cm <sup>2</sup>	ugao unutrašnjeg trenja $\varphi$ (°)	kohezija C daN/cm <sup>2</sup>
MAKSIMALNA VREDNOST X	2,70	998,10	91,10	—	—
MINIMALNA VREDNOST X	2,38	388,80	9,80	—	—
SREDNJA VREDNOST $\bar{X}$	2,60	670,86	49,64	80° 10'	99,27
VARIJANSA $G^2$	0,0037	2,077548	242,85	—	—
STANDARDNO ODSUPANJE	0,061	44,45	16,81	—	—
STANDARDNA GREŠKA $S_x$	0,0033	6,11	0,57	—	—
KOEFICIJENT VARIJACIJE $K_v$	2,34	21,48	36,28	—	—
BRJ ČLANOVA	750	750	744	—	—
$\Sigma X$	1950,50	493882,2	8175,3	—	—
$\Sigma X^2$	3680949,8	2,44x10 <sup>11</sup>	1,0x10 <sup>9</sup>	—	—

**Izbor merodavnih računskih parametara**

Pošto se ranije navedene vrednosti fizičko—mehaničkih parametara odnose na ispitivanja izvršena u laboratoriji na malim uzorcima urađena je korekcija dobijenih rezultata.

U tom cilju, a kada se radi o dobijenim srednjim vrednostima čvrstoće na pritisak i čvrstoće na istezanje, odlučili smo da primenimo metodologiju korigovanja, koja uzima za osnovu broj opita ispitivanja i koja se, u poslednje vreme, najčešće sreće u praksi.

Primenom navedene metodologije dobijene su sledeće vrednosti čvrstoće na pritisak, čvrstoće na istezanje, kohezije i ugla unutrašnjeg trenja za:

**r u d u**

čvrstoća na pritisak  $\sigma_c = 606,66$  daN/cm<sup>2</sup>  
 čvrstoća na istezanje  $\sigma_t = 43,38$  daN/cm<sup>2</sup>  
 ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 58^{\circ}29$   
 kohezija  $c = 94,35$  daN/cm<sup>2</sup>

**k r o v i n u**

čvrstoća na pritisak  $\sigma_c = 605,59$  daN/cm<sup>2</sup>  
 čvrstoća na istezanje  $\sigma_t = 35,59$  daN/cm<sup>2</sup>  
 ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 61^{\circ}17$   
 kohezija  $c = 86,63$  daN/cm<sup>2</sup>

Dobijene vrednosti kohezije i ugla unutrašnjeg trenja, potrebne za projektovanje, dalje su korigovane postupkom po Fisenku, odnosno za ugao unutrašnjeg trenja, uzimajući popravne koeficijente koji sadrže grešku ispitivanja, vremensko smanjenje čvrstoće, poremećenost masiva i koeficijent seizmičnosti analizirane radne sredine.

Na ovaj način dobijene su sledeće merodavne vrednosti za:

**r u d u**

ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 45^{\circ}32$   
 kohezija  $c = 4,34$  daN/cm<sup>2</sup>

**k r o v i n u**

ugao unutrašnjeg trenja  $\varphi = 48^{\circ}45$   
 kohezija  $c = 3,98$  daN/cm<sup>2</sup>

**Praćenja ponašanja krovine u fazi otkopavanja**

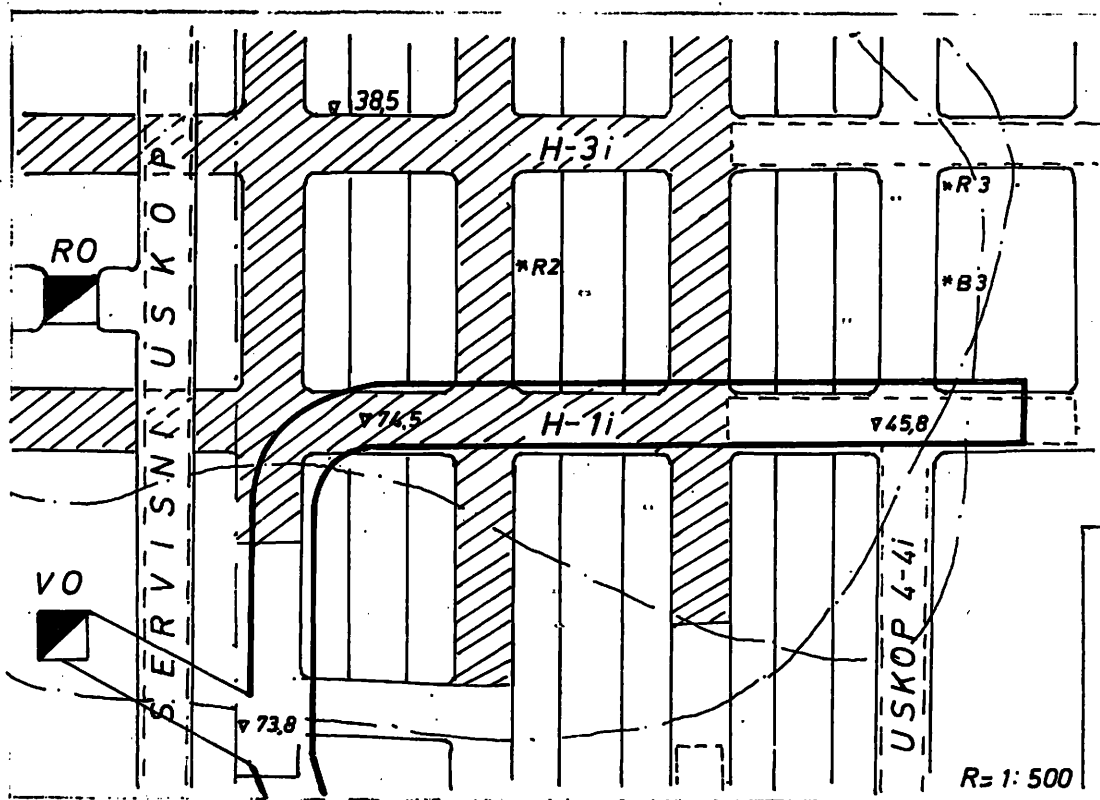
Za otkopavanje bloka 1 — zapad i bloka 2 — istok izabrana je odgovarajuća metoda otkopavanja

nja, koja je u potpunosti obrađena rudarskim projektima, pa se pristupilo otkopavanju navedenih blokova.

Kako je izbor metode otkopavanja za centralni stub uslovljen činjenicom da se pri otkopavanju bloka 1 — zapad i bloka 2 — istok ne sme dozvoliti bilo kakvo pomeranje krovine, koje bi se moglo preneti na sam centralni stub i tako ugroziti njegovo otkopavanje, odlučili smo da se izradi jedna „kontrolna galerija“ neposredno iznad otkopa u bloku 2 — istok iz koje će se pratiti ponašanje krovine u funkciji otkopavanja i napredovanja otkopa u ovom bloku, što se vidi na sl. 1.

Na svakom opitnom mestu izrađene su po tri bušotine — prva bušotina je zaustavljena u momentu ulaska u rudno telo, druga je za dva metra kraća od prve, a treća za dva metra kraća od druge.

Kako se bušotine nalaze jedna pored druge, na svakom opitnom mestu izvršena je zaštita usta bušotine kao i ugradnja mernih šipki koje su cementnim malterom fiksirane za dno bušotine, čime je obezbeđeno tonjenje šipki u odnosu na pod „kontrolne galerije“ u slučaju da dođe do pomeranja krovine. Ukoliko bi prva šipka na datom opitnom mestu pokazala tonjenje koje ne bi bilo registrovano na kraćoj bušotini, zaključak bi



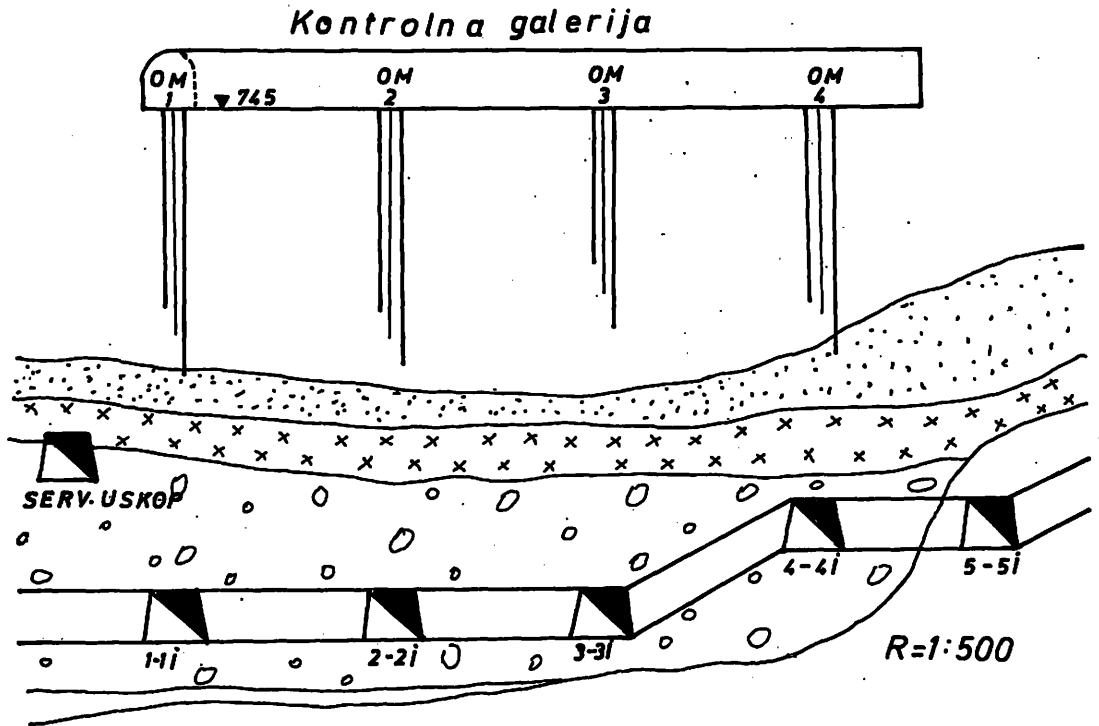
Sl. 1 — Deo jamske karte sa pripremnim radovima i konturom rudnog tela

Da bi se obezbedilo sigurno praćenje ponašanja krovine u toku otkopavanja ugrađene su mernе šipke u prethodno izvađene bušotine iz kontrolne galerije u krovini rudnog tela, kako je to prikazano na uzdužnom profilu kroz hodnik 1 prema prethodno datom delu jamske karte (sl. 2).

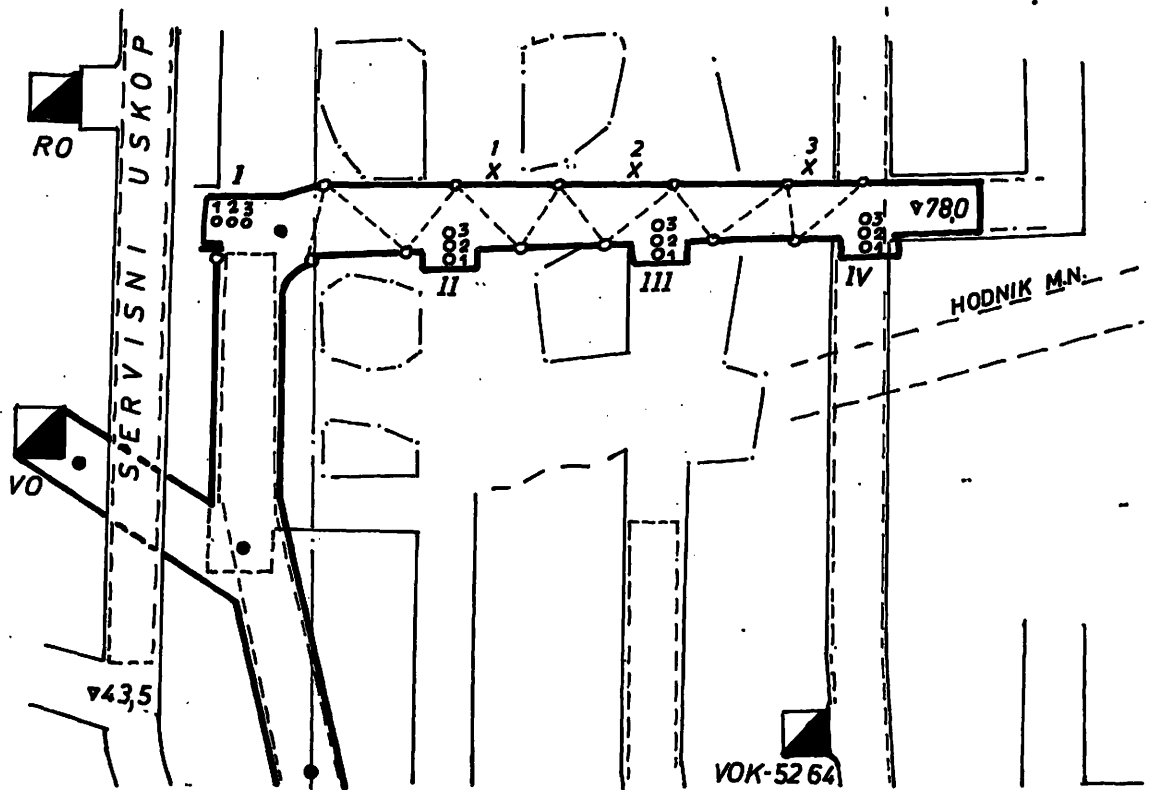
Kako se iz skice na sl. 2 vidi, formirana su 4 opitna mesta koja se nalaze neposredno iznad hodnika pripreme, odnosno iznad budućih otkopa.

bio da se deformacija krovine nije prenela na višu zonu i obrnuto, da je došlo do pomeranja i više krovine.

Navedena opitna mesta su geodetski snimljena i visinski povezana sa odgovarajućom stabilnom tačkom u jami, u neposrednoj blizini ove galerije, čime je obezbeđen uslov da je sigurna stabilnost tačaka koje predstavljaju repere za merenje ponašanja mernih šipki ugrađenih u bušotine.



Sl. 2 — Uzdužni profil kroz hodnik 1.



Sl. 3 — Dodatni sistem merenja.

Znači, ukoliko bi došlo do bilo kakvog pomeranja u neposrednoj krovini svakog otkopa, to bi bilo registrovano na prvoj šipki uz mogućnost da se ta manifestacija pomeri naviše sve do mogućnosti da se ovo pomeranje odrazi i u „kontrolnoj galeriji“, što bi registrovao postavljeni geodetski sistem merenja.

Radi sigurnosti i stalne kontrole postavljen je odgovarajući dodatni sistem merenja, prikazan na sl. 3, koji se sastoji u sledećem:

— u bokove „kontrolne galerije“ ugrađeni su reperi, u rasporedu datom na skici sl. 3, sa ciljem da se pomoću njih meri, eventualno, pomeranje tačaka u boku prostorije u horizontalnoj ravni

— posebno su na tri mesta, prikazana na skici sl. 3, postavljene merne trake i očitava se nulto stanje radi mogućeg praćenja relativne promene napona u boku galerije ukoliko se za to ukaže potreba.

Na ovaj način završeno je opremanje „kontrolne galerije“ i, uz zajednici sa operativom Rudnika, organizovano praćenje i snimanje podataka u funkciji napredovanja otkopa.

#### Zaključak

I pored toga što se radi o ispitivanjima i istraživanjima koja su vršena pune tri godine, treba

ukazati na neke činjenice i zahteve koji bi se morali poštovati da se ne ugrozi ekonomska opravdanost eksploatacije centralnog stuba i to:

— radom angažovanih stručnjaka i njihovim analizama u potpunosti je definisana metoda otkopavanja centralnog stuba rudnog tela Novo Okno sa potrebom da se ovaj posao završi izradom odgovarajućeg projekta otkopavanja

— postavljeni sistem merenja i opažanja omogućava pravovremeno i odgovarajuće reagovanje u slučaju da dođe do neželjenog ponašanja krovine neposredno iznad otkopa, što direktno zavisi od kvaliteta izvođenja rudarskih radova tokom otkopavanja. Ovde se posebno misli na miniranje i formiranje stubova u fazi primarnog otkopavanja, kao i zapunjavanja otkopa, radi obezbeđenja uslova za sekundarno otkopavanje

— ne postavlja se pitanje mogućnosti otkopavanja centralnog stuba rudnog tela Novo Okno, pošto za to postoji veliki broj načina, već se postavlja pitanje kako to otkopavanje izvršiti uz što manje troškove i obezbeđenje odgovarajućih objekata u toj zoni. Zato se kao prioritetan zadatak nameće zahtev, da se moraju poštovati svi postavljeni uslovi, jer će bilo kakvo odstupanje dovesti do neuporedivo većih troškova, što može ugroziti opravdanost eksploatacije centralnog stuba kao i mogućnost sekundarne eksploatacije bloka 2 — istok, do čega, zbog kvaliteta rude u stubovima, ne bi trebalo da dođe.

#### SUMMARY

#### Contribution to Study of the Problem of Stability of Underground Rooms, Exemplified by Mining Orebody Novo Okno in Copper Mine Bor

Problems outlined in this paper originated as a result of investigations of a group of specialists for the purpose of securing uninterrupted and economically justified mining of the „rich“ orebody Novo Okno located in the zone of the safety pillar protecting surface facilities and the shaft itself. To this goal, over three calendar years voluminous investigations were made on the physico-mechanical properties and structural properties of the ore and hanging-wall materials, as well as definition and development of an appropriate mining method.

Presented are the major parameters of the working environment with a review of the number of samples, method of investigation, reliability of obtained results and numerous values of individual lithological members.

For safe mining of orebody Novo Okno central pillar a system of measurement was designed and applied, as well as a method for monitoring hanging-wall behavior during mining of the eastern and western flanks designed to provide for undertaking adequate measures in case of movement of the immediate or overlying hanging-walls.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Beitrag zum Forschungsproblem der Stabilität von Tiefbauräumen am Beispiel eines Tiefenerzkörperabbaues Novo Okno im Kupferbergbauwerk Bor

Die in diesem Artikel dargestellte Problematik entstand als Ergebnis der Forschung einer Fachleutengruppe mit dem Ziel der Sicherung vom ungestörten und wirtschaftlich gerechtfertigtem Abbau des „reichen“ Tiefenerzkörper Novo Okno, das sich in der Zone des Sicherheitspfeiler, wodurch die Oberflächenobjekte und der Schacht selbst geschützt werden befindet. Aus diesem Grunde hat man im Laufe von drei Kalenderjahren umfangreiche Überprüfungen physisch—mechanischer und der Struktureigenschaften des Erzes und Hangendes bzw. Materials, als auch die Definierung und Erarbeitung einer entsprechenden Abbaumethode unternommen.

Es wurden die wichtigsten Parameter der Arbeitsumgebung mit Hinblick auf die Probenanzahl, Prüfungsart, Zuverlässigkeit der erhaltenen Größen sowie auch zahlreiche Werte einzelner lithologischer Einheiten dargestellt.

Zum sicheren Abbau des Zentralpfeilers des Tiefenerzkörper Novo Okno wurde im Laufe des Abbaues des östlichen und westlichen Schenkels ein Mess— und Beobachtungssystem des Hangendes projektiert und ausgeführt, wodurch das Vornehmen entsprechender Massnahmen im Falle von Verschiebung von unmittelbaren Hangenden oder der Überlagerungsschöhen sichergestellt ist.

## РЕЗЮМЕ

### Вклад проблеме изучения устойчивости подземных помещений на примере добычи рудного тела Ново-Окно в руднике меди Бор

Проблематика, данная в настоящей статье, возникла как результат исследования группы специалистов в целях обеспечения беспрепятственной и экономически обоснованной добычи „богатого“ рудного тела Ново Окно, находящегося в зоне предохранительного целина, при помощи которого защищаются объёмы и самый шахтный ствол. На этом основании, в течение трех календарных лет, выполнены обширные испытания физико-механических свойств и структурных свойств руды и кровельного материала, а также и уточнение и разработка соответствующего метода добычи.

Показаны самые важные параметры рабочей среды, учитывая число образцов, способ испытания, надежность полученных величин, а также и численные значения отдельных литологических членов. Для безопасной добычи центрального целина рудного тела Ново Окно запроектирована и выполнена система измерения и наблюдения поведения кровли в течение добычи восточного и западного крыла, которая должна обеспечить предпринятие соответствующих мер, если дойдет до сдвига непосредственной кровли или несольких кровель.

0 V 7 1 1  
• 01

Autori: dr inž. Jovan Radojević, Rudarsko—geološki fakultet u Beogradu i Dragan Vranić, sam. tehn. saradnik Zavoda za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Рецензент: dr inž. J. Bralić, Beograd

Članak primljen 20.10.1986, prihvaćen 17.03.1987.



## PROBNI EKSPLOATACIONI RADOVI KAO USLOV ZA UTVRĐIVANJE TEHNIČKIH KARAKTERISTIKA UKRASNOG KAMENA

(sa 1 slikom)

Dipl.inž. Zoran Rosić

### Uvod

Proizvodnja ukrasnog kamena, i pored izuzetne tradicije, ne prati sve veće potrebe tržišta i zahteve savremenog građevinarstva. Mnoga ležišta ukrasnog kamena nisu iskorišćena prema svojim mogućnostima. Jedan od razloga za to je nedostatak jedinstvenog višegodišnjeg koncepta istraživanja. Zaostajanje istraživanja može biti glavna smetnja za budućnost industrije ukrasnog kamena u Jugoslaviji.

### Proizvodnja ukrasnog (arhitektonsko—građevinskog) kamena u Jugoslaviji i mogućnosti plasmana

U Jugoslaviji danas postoji 85 aktivnih kame-noloma ukrasnog kamena, sa jednim ili više radilišta u kojima se eksploatiše 95 komercijalnih vrsta.

### Proizvodnja u 1984. godini\*)

Socijalistička republika	Jed. mere	B l o k o v i		Jed. mere	Razne ploče	
		mermer	granit		mermer	granit
SFRJ	m <sup>3</sup>	79.820	13.420	m <sup>2</sup>	1.927.260	240.940
– BiH	m <sup>3</sup>	382	12.779	m <sup>2</sup>	299.807	126.665
– Crna Gora	m <sup>3</sup>	5.860	–	m <sup>2</sup>	60.981	–
– Hrvatska	m <sup>3</sup>	42.518	–	m <sup>2</sup>	956.215	6.312
– Makedonija	m <sup>3</sup>	19.100	–	m <sup>2</sup>	135.110	20.430
– Slovenija	m <sup>3</sup>	3.259	261	m <sup>2</sup>	212.618	42.915
– Srbija	m <sup>3</sup>	8.701	380	m <sup>2</sup>	262.529	44.618
Od toga:						
– AP Kosovo	m <sup>3</sup>	153	–	m <sup>2</sup>	–	–
	m <sup>3</sup>	–	–	m <sup>2</sup>	–	–

\*) Podaci Instituta za ispitivanje materijala Srbije:

- prosečna cena u izvozu blokova
- prosečna cena u izvozu ploča

397,5 US \$/m<sup>3</sup>  
29,6 US \$/m<sup>2</sup>

Perspektiva jugoslovenske industrije ukrasnog kamena je, van svake sumnje, u izvozu. Mogućnosti izvoza kvalitetnog bloka su izvanredne, posebno na konvertibilnom tržištu. Realan plasman imaju samo oni tipovi kamena koji se mogu kontinualno isporučivati u dužem vremenskom periodu. Svetsko tržište dimenzioniranih ploča pruža široke mogućnosti koje mi ni približno ne koristimo. Mogućnosti za plasman postoje i na zapadu, i na istoku, ali se kao najperspektivnije izdvaja tržište Bliskog istoka i Severne Afrike.

Velike mogućnosti za plasman na svetskom tržištu odnose se na ograničen broj vrsta koje karakterišu:

- osobnost izgleda (dekorativnost)
- kvalitet blokova velikih dimenzija.

## Kratak osvrt na primenu ukrasnog kamena

U savremenim objektima ukrasni arhitektonsko—dekorativni kamen nema ulogu konstruktivnog elementa, već služi kao obloga konstrukciji dajući joj zaštitu i lepši izgled. Ovim kamenom se pored dekorativnih rešavaju i mnogi drugi funkcionalni problemi objekata: zaštita zidova od kvašenja, trajnost, lako održavanje i dr. U poređenju sa drugim materijalima, prirodni kamen u tom pogledu poseduje izrazite prednosti.

Detaljnije posmatrano, u savremenoj arhitekturi mogu se izdvojiti sledeće značajne oblasti primene ukrasnog kamena: oblaganje fasada, oblaganje enterijera (podova i zidova), oblikovanje spoljnih prostora (trgova, kejova i sl.), oblaganje unutrašnjih prostora (javni objekti, železničke stanice, i dr.) i u memorijalnoj arhitekturi.

## Sadržaj programa istražnih radova za ukrasni kamen

Program istražnih radova, pored geoloških istraživanja koja određuju potencijalne eksploatacione rezerve ležišta ukrasnog kamena u sklopu postojećih masiva, podrazumeva i sistematsko uzimanje uzoraka sa odabranih lokaliteta i ispitivanje tehničko—dekorativnih karakteristika kamena za vreme postupka prerade.

Proizvodnja ukrasnog kamena bitno se razlikuje od proizvodnje bilo koje vrste nemetalčnih i metalčnih sirovina. Pre svega, zbog činjenice da se iz stenske mase mora izvaditi celovit komad, monolit manjih ili većih dimenzija. Zbog toga nije dopvoljno da se uzorci uzimaju za ispitivanje samo sa površine terena, tj. iz poremećene sredine.

Ispitivanje uzoraka kamena iz stenskog masiva, radi utvrđivanja njegovih svojstava u neporemećenom stanju, zahteva probne eksploatacione radove.

Ova faza istraživanja, sa rudarskog stanovišta, praktično predstavlja radove vezane za formiranje ogledne etaže sa dimenzijama, utvrđenim propisima.

## Probni eksploatacioni radovi — ogledna etaža

Po pravilu, probne eksploatacione radove na formiranju ogledne etaže treba locirati na mestu prethodno uzetih poremećenih uzoraka sa površine terena.

Utvrđivanjem konkretnih uslova na mestima prethodno uzetih uzoraka (ti uzorci se uzimaju sa više mesta), vrši se izbor prioritete lokacije za probne eksploatacione radove. Presudni značaj za izbor lokacije imaju:

- postojeći pristupni putevi
- mikro izgled lokaliteta sa stanovišta što manjih pripremnih radova
- kompaktnost stenskog masiva
- položaj ogledne etaže sa stanovišta uklapanja u buduću eksploataciju.

Minimalna količina radova potrebnih za formiranje ogledne etaže utvrđena je propisom. Ona iznosi: od 250 m<sup>3</sup> — za manja ležišta, ujednačene konfiguracije i kompaktnosti, do 400 m<sup>3</sup> — za veća.

Propisana minimalna visina ogledne etaže sa koje se mogu uzeti uzorci blokova iznosi 3 m.

Tipski izgled ogledne etaže i njene dimenzije, usklađeni sa propisanim normativima lokaliteta Boranja, za prirodni nagib terena od 30—40°, dat je na slici 1.

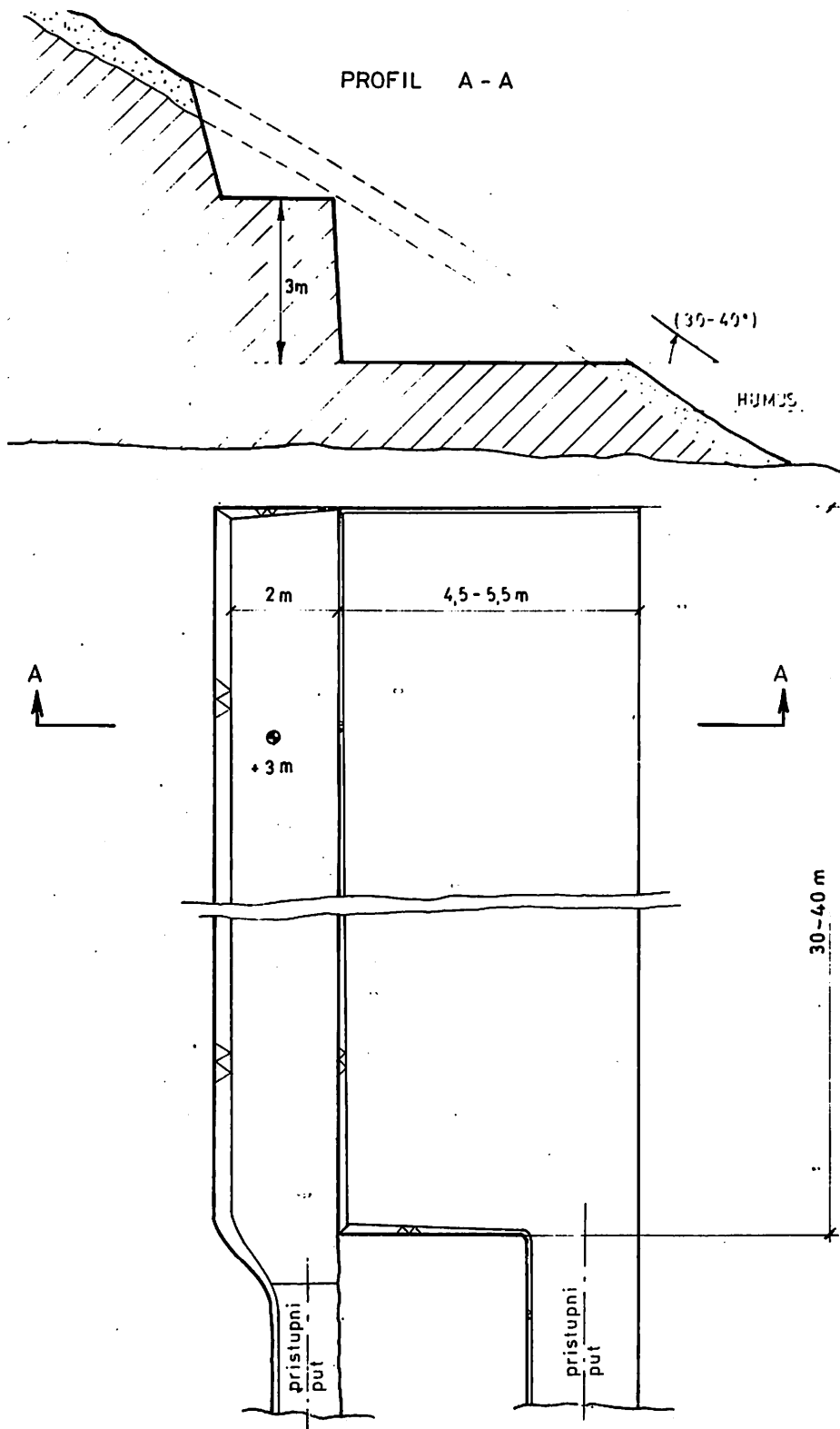
## Opis radova

Do izabrane lokacije za oglednu etažu izrađuje se pristupni put za ljude i potreban alat (kompresor, bušaće garniture), obezbeđuje dovod vode, pravi skladište za opremu i radnička montažna baraka.

Terenski prostor etaže se razmerava i krči od drveća, panjeva i humusa; stenski materijal etaže se buši i otpucava do rastresanja, odlaže ili priprema za utovar i dalji transport. Uz sve mere sigurnosti i stručni rudarski nadzor, radovi se dovode do završnog izgleda ogledne etaže (kao na slici) sa koje se mogu uzeti blokovi neporemećenih uzoraka za ispitivanje.

## Zaključak

Dosadašnje poznavanje tehničkih i estetsko—dekorativnih karakteristika ukrasnog kamena iz naših ležišta upućuje na nedvosmislen zaključak, da bi masovna eksploatacija ovog kamena udovoljila zahtevane kriterijume kako našeg tako i svetskog tržišta, a samim tim, posmatrano sa ekonomskog stanovišta, imala opšte društveni interes.



Sl. 1 — Izgled i dimenzije istražne ogledne etaže.

Ova se grana proizvodnje, van svake sumnje, mora dalje razvijati, a, pre svega, mora se obezbediti i proširiti sirovinska baza.

Sa neznatnim odstupanjima, izvođenje probnih eksploatacionih radova i formiranje ogledne

etaže, kako je prikazano za granodioritski masiv Boranje, može se smatrati tipskim primerom završene faze istražnih radova za ukrasni kamen, a u cilju proširenja sirovinske baze, verifikovanja kvaliteta i brže masovne eksploatacije ukrasnog kamena u nas.

#### SUMMARY

### Trial Experimental Works Aimed at Sampling and Testing Decorative Stone Technical Properties

Hitherto knowledge of technical and aesthetic—decorative properties of decorative stone from our deposits leads to an unambiguous conclusion that mass exploitation would meet the criteria required both by the domestic and world market, and hence, considered from the economic standpoint it would have an overall social interest.

With slight deviations, carrying out of trial exploitation works and formation of an experimental level, as presented for the dioritic massif Boranja, may be considered a typical example of the final stage of exploratory works for decorative stone with an aim of extending the raw material base, verification of the quality and acceleration of mass exploitation of decorative stone in our country.

#### ZUSAMMENFASSUNG

### Versuchsabbauarbeiten mit der Zielsetzung der Bemusterung und Prüfung von technischer Charakteristiken der Ziersteine

Das bisherige Kennen technischer und ästhetisch—dekorativer Merkmale von Ziersteine aus unseren Lagestätten weist ohne Bedenken auf die Schlussfolgerung, dass ein Massenabbau dieser Steine den geforderten Kriterien zusagen würde, und zwar sowohl des unseren als auch des weltmarktes und vom wirtschaftlichen Gesichtspunkt betrachtend vom allgemeinem gesellschaftlichem Interesse wäre.

Mit geringen Abweichungen kann das Ausführen von Versuchsabbauarbeiten und Gestaltung eines Musterstosses, wie für das dioritische Massiv Boranja gezeigt, als typisches Beispiel der Endphase von Forschungsarbeiten für Ziersteine angesehen werden, mit der Zielsetzung einer Erweiterung der Rohstoffbasis, Qualitätsverifizierung und Beschleunigung eines Massenabbau von Ziersteine bei uns.

#### РЕЗЮМЕ

### Пробные эксплуатационные работы с целью отбора проб и испытания технических характеристик декоративного камня

Прежнее познание технических и декоративно-эстетических характеристик декоративного камня и знаних месторождений направляет на недвусмысленный вывод, что массовая эксплуатация этого камня удовлетворила требуемые критерии как нашего, так и мирового рынка, а этим самым, рассматривая с экономической точки зрения, имела общий общественный интерес.

С незначительным отклонением, выполнение пробных эксплуатационных работ и формирование опытного уступа, как дано для диоритного массива Боранье, можно считать типовым примером окончательной фазы исследовательских работ для декоративного камня, а с целью расширения сырьевой базы, подтверждения подлинности качества и ускорения массовой эксплуатации декоративного камня в нашей стране.

Autor: dipl.inž. Zoran Rošić, Zavod za eksploataciju mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzant: dr inž. J. Bralić, Beograd

Članak primljen 25.2.1987, prihvaćen 17.3.1987.

## MOGUĆNOST ČIŠĆENJA UGLJA DOBRA SREĆA

(sa 1 slikom)

Dipl.inž. Mihajlo Čanić

### Uvod

Rudnik Dobra Sreća nalazi se na teritoriji sela Vina, 12 km severozapadno od Knjaževca na nadmorskoj visini od oko 380 m.

Postoje dva značajna i više sporednih ugljenih slojeva. Između peščara u podini i bituminoznih škriljaca u povlati, nalazi se glavni ugljeni sloj sa prosečnom debljinom oko 3 m.

Rudnik Dobra Sreća zatvoren je 1968. godine. Na inicijativu RTB Bor 1985. godine počinje priprema elaborata o opravdanosti ponovnog otvaranja rudnika, koja uključuje i izradu studije o mogućnosti čišćenja rovnog uglja Dobra Sreća. U ovom članku dat je skraćeni prikaz izvršenih ispitivanja sa predlogom tehnološke šeme procesa čišćenja.

### Podaci o uzorku

Srednji reprezentativni uzorak uglja Dobra Sreća uzet je u potkopu Krušak. Masa uzorka iznosila je oko 3600 kg.

### Osobine ispitivanog uzorka uglja

Na srednjim reprezentativnim uzorcima ispitivanog uglja utvrđen je kvalitet uglja (tehnička, elementarna i analiza pepela), petrografski i granulometrijski sastav.

U tablicama 1, 2 i 3 prikazane su tehnička, elementarna i analiza pepela.

### Tehnička analiza rovnog uglja Dobra Sreća

Tablica 1

	Sa vlagom, %	Bez vlage, %	Bez vlage i pepela, %
Vlaga	4,36	—	—
Pepeo	34,34	35,91	—
Sumpor ukupni	5,01	5,24	—
Sumpor u pepelu	1,55	1,62	—
Sumpor sagorljiv	3,46	3,62	5,65
Koks	68,75	71,88	56,12
C—fix	34,41	35,97	56,12
Isparljivo	26,89	28,12	43,88
Sagorljivo	61,30	64,09	100,00
Toplotna vrednost sagorevanja gornja kJ/kg	20765	21710	33880
donja kJ/kg	19920	20938	32670
piritni S	4,16	4,35	
sulfatni S	0,74	0,77	
organski S	0,11	0,12	
CO <sub>2</sub>	2,27	2,37	

### Elementarna analiza rovnog uglja Dobra Sreća

Tablica 2

	Sa vlagom, %	Bez vlage, %	Bez vlage i pepela, %
Ugljenik ukupni	46,63	48,76	76,08
Vodonik	3,61	3,77	5,88
Sumpor sagorljiv	3,46	3,62	5,65
Azot+kiseonik	7,60	7,94	12,39

Iz tablice 1 vidi se da rovní ugalj Dobra Sreća, pored 4,36% vlage, sadrži oko 34,34% pepela (35,91% na 105°C), 26,89% isparljivih, a 61,30% sagorljivih. Donja toplotna moć sagorevanja iznosi 19920 kJ/kg. Sadržaj ukupnog sumpora u rovnom uglju iznosi 5,01%, a piritnog 4,16%.

## Analiza pepela iz rovnog uglja Dobra Sreća

Tablica 3

Sastojci	%
SiO <sub>2</sub>	36,14
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20,87
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18,22
CaO	7,77
MgO	3,05
SO <sub>3</sub>	11,17
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,04
TiO <sub>2</sub>	0,38
Na <sub>2</sub> O	0,86
K <sub>2</sub> O	1,28
Odnos kis./baz.	1,69

Elementarna analiza rovnog uglja Dobra Sreća prikazana je u tablici 2, iz koje se vidi da rovní ugalj sadrži 46,63% ukupnog ugljenika, 3,61% vodonika i 7,60% azota i kiseonika.

Analiza pepela, prikazana u tablici 3, pokazuje da se prema odnosu kiselih i baznih jedinjenja, reakcija pepela svrstava u kisele.

U tablici 4 prikazan je granulometrijski sastav rovnog uglja, iz koga se vidi da u uzorku ima visok udeo sitnog uglja: oko 13% klase – 0,5 mm.

## Granulometrijski sastav rovnog uglja Dobra Sreća

Tablica 4

Klasa (mm)	M% Masa	P % Pepeo	Kumulativno			
			M% ↓	P % ↓	M% ↑	P% ↑
+ 120	1,53	42,16	1,53	42,16	100,00	37,04
– 120 + 80	2,92	51,71	4,45	48,43	98,47	36,96
– 80 + 60	2,68	47,07	7,13	47,92	95,55	36,51
– 60 + 30	9,47	46,02	16,60	46,83	92,87	36,20
– 30 + 20	4,00	48,37	20,60	47,13	83,40	35,09
– 20 + 15	4,63	43,33	25,23	46,43	79,40	34,42
– 15 + 5	23,13	36,30	48,36	41,63	74,77	33,87
– 5 + 1	28,59	33,56	76,95	38,63	51,64	32,74
– 1 + 0,5	10,04	32,42	86,99	37,92	23,05	31,72
– 0,5 + 0,25	7,20	32,15	94,19	37,47	13,01	34,18
– 0,25 + 0,10	5,42	30,25	99,61	37,08	5,81	29,99
– 0,10 + 0,0	0,39	26,34	100,00	37,04	0,39	26,34
ULAZ–RU	100,00	37,04	–	–	–	–

Sadržaj pepela opada od krupnih klasa (47,92% u klasi + 60 mm) ka sitnim (31,18% u klasi – 0,5 mm).

Prema petrografskoj analizi, koju je uradio M. Ercegovac, ispitivani ugalj se može svrstati u grupu kamenih – plamenih ugljeva. Analiza mace-

rala i minerala pokazala je da u ispitivanom uzorku ima oko 46% vitrinita, oko 39,5% minerala gline i oko 8,5% pirita. Nepovoljna okolnost je što je pirit u vidu finih impregnacija.

## Ispitivanja mogućnosti čišćenja

Ispitivanja mogućnosti čišćenja izvršena su na tri krupnoće rovnog uglja: 100% – 80 mm, 100% – 30 mm i 100% – 10 mm i to pliva–tone analizama za klase + 0,5 mm, a opitima flotacije na klasi – 0,5 mm.

## Analize pliva–tone

Rezultati pliva–tone analiza prikazani su u vidu zaključka P–T analize (teoretski bilans čišćenja) u tablici 5. Teoretski bilansi urađeni su za varijantu da se iz krupne klase (+0,5 mm) čišćenjem izdvajaju tri proizvoda: čist ugalj (ČU) (–1,40 kg/dm<sup>3</sup>), međuproizvod (MP) (1,40–1,80 kg/dm<sup>3</sup>) i jalovina (J) (+1,80 kg/dm<sup>3</sup>). Pri tome je kao zadati uslov postavljeno da ČU mora imati ispod 10% pepela (105°C).

Iz rezultata u tablici 5 vidi se da se usitnjavanjem rovnog uglja od 80 na 10 mm ne postižu značajno bolji rezultati. Variranja u rezultatima su

posledica nedovoljne preciznosti u primenjenom postupku ispitivanja, a ne uticaja promene krupnoće.

U zavisnosti od potreba tržišta određuje se optimalna krupnoća za čišćenje od tri ispitivane krupnoće.

Tablica 5

Krupnoća Klasa (mm)	Pro- izvod	Gustina kg/dm <sup>3</sup>	100% – 80 mm			100% – 30 mm			100% – 10 mm		
			M % na RU	M % na klasu	P % (105°C)	M % na RU	M % na klasu	P % (105°C)	M % na RU	M % na klasu	P % (105°C)
+0,5	ČU	-1,40	27,02	25,26	9,41	21,58	27,27	7,13	22,20	27,27	9,28
	MP	1,40–1,80	34,05	30,47	26,30	26,04	31,38	26,50	25,55	31,38	25,80
	J	+1,80	38,93	44,27	69,57	37,83	41,35	70,94	33,66	41,35	71,07
-80(30)(10)+0,5		-	100,00	100,00	38,58	85,45	100,00	41,28	81,41	100,00	40,01
-0,5 + 0		-	13,85	-	31,31	14,55	-	31,12	18,59	-	31,82
RU-80(30)(10)+0		-	100,00	-	37,57	100,00	-	39,18	100,00	-	38,49

Rezultati P-T analiza rovnog uglja Dobra Sreća – čišćenja krupne klase +0,5 mm na tri proizvoda

### Čišćenje sitnog uglja – 0,5 mm flotacijom

Opiti flotiranja sitne klase – 0,5 mm iz uglja Dobra Sreća vršeni su u laboratorijskoj flotacijskoj mašini Wedag, tip MN 935, sa zapreminom ćelije 3 dm<sup>3</sup>.

Srednji sadržaj pepela u uzorcima za ispitivanje iznosio je 31,5 ± 1,5% (na 105°C).

U svim opitima primenjivano je vreme kondicioniranja od 3 min i gustina pulpe 14% Č.

Opiti su izvođeni sa vremenskim izdvajanjem koncentrata, a ispitivani su različiti flotacioni reagensi. Najbolji rezultati ostvarivani su sa sledećim kombinacijama reagenasa: 10,0 g/t lož ulja (F.O) i 130 g/t metilzobutylkarbinola (MIBC), odnosno 45 g/t acocoal 12 (AC12), 250 g/t F.O. i 100 g/t MIBC.

Pri navedenim uslovima ostvaruju se rezultati kao u bilansu u tablici 6, sa intervalima poverenja za verovatnoću od 95%.

### Rezultati flotiranja sitne klase – 0,5 mm uglja Dobra Sreća

Tablica 6

Proizvod	Masa udeo M %	Pepao (105°C) P %
Čist ugalj	71,67 ± 1,64	16,04 ± 0,78
Jalovina	28,33 ± 1,64	68,58 ± 2,36
ULAZ	100,00	30,93 ± 0,58

Iz rezultata u tablici 6 vidi se da se flotacijom sitne klase – 0,5 mm iz uglja Dobra Sreća lako može dobiti čist ugalj sa oko 16% pepela (105°C)

Ispitivanja su pokazala da se flotacijom sitnog uglja ne može dobiti čist ugalj sa nižim sadržajem pepela od 15%.

### Predlog šeme tehnološkog procesa

Na osnovu izvršenih ispitivanja; zahteva tržišta (topionica RTB Bor – za plamene peći kojima sumpor ne smeta) i zadatog kapaciteta, predlažemo tehnološku šemu procesa čišćenja uglja Dobra Sreća, koja bi se sastojala u sledećem:

– rovni ugalj se usitnjava na – 30 + 0 mm i smešta u prihvatni bunker

– posle mokrog prosejavanja klasa – 30 + 0,5 mm podvrgava se čišćenju u mašini taložnici na tri proizvoda: ČU, MP i J

– čist ugalj – 30 + 0,5 mm se odvodnjava na situ, a klasa – 15 + 0,5 mm se odvodnjava u centrifugi, da bi proizvod ČU imao sadržaj vlage oko 6%

– sitan ugalj – 0,5 mm i sve otpadne vode iz pogona sakupljaju se u zgušnjivaču, a nakon zgušnjavanja, zgusnuti proizvod se upućuje na

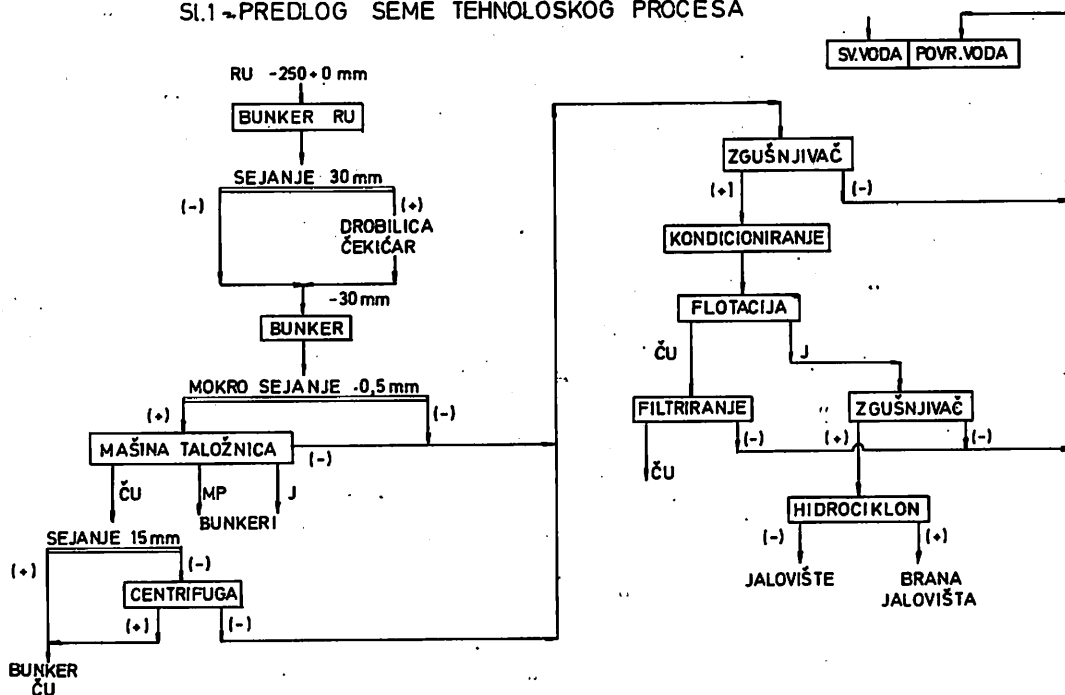
flotaciju

– posle kondicioniranja sa lož uljem i metil-izobutylkarbinolom flotira se čist ugalj, a zatim filtrira u vakuum disk filtru

– flotacijska jalovina se zgušnjava u zgušnjivaču, a zatim ciklonira na jalovištu.

Predloženi tehnološki proces prikazan je u šemi na sl. 1. Kvaliteti proizvoda, koji bi se dobili predloženim procesom, prikazani su u tablici 7.

Sl. 1 – PREDLOG ŠEME TEHNOLOŠKOG PROCESA



Sl. 1 – Predlog šeme tehnološkog procesa.

Tehničke analize komercijalnih proizvoda iz uglja Dobra Sreća

Tablica 7

Proizvodi	–30+0,5 mm, čist ugalj (–1,40 kg/dm <sup>3</sup> )		–30+0,5 mm međuproizvod (1,40–1,80 kg/dm <sup>3</sup> )		Flotacijski koncentrat –0,5 mm	
	sa vlagom, %	bez vlage, %	sa vlagom, %	bez vlage, %	sa vlagom, %	bez vlage, %
Vlaga	6	–	12,00	–	22,00	–
Popelo	8,21	8,74	26,22	29,80	15,39	19,74
Sumpor ukupni	5,89	6,27	8,83	10,03	6,35	8,14
Sumpor u pepelu	0,53	0,57	1,36	1,54	0,36	0,46
Sumpor sagor.	5,36	5,70	7,47	8,49	5,99	7,68
Koks	57,88	61,58	59,62	67,75	51,37	65,87
C fix	49,66	52,84	33,39	37,95	35,98	46,13
Ispaljivo	36,12	38,42	28,38	32,25	26,62	34,13
Sagorljivo	85,79	91,26	61,78	70,20	62,61	80,26
Toplota sagoravanja:						
gornja, kJ/kg	30365	32310	21225	24125	21635	27740
donja, kJ/kg	29210	31330	20220	23300	20390	26795



## Zaključak

Izvršena ispitivanja na rovnom uglju Dobra Sreća pokazala su da rovni ugalj sadrži oko 36% pepela ( $105^{\circ}\text{C}$ ) i da se mora čistiti.

Ispitivanja mogućnosti čišćenja izvršena su pliva–tone analizama na klasama + 0,5 mm (za RU krupnoće 100% – 80 mm, 100% – 30 mm i 100% – 10 mm) i flotacijskim opitima za klasu – 0,5 mm.

Analizom dobijenih rezultata ispitivanja došlo se do predloga šeme tehnološkog procesa, koja se sastoji u sledećem:

– klasa – 30 + 0,5 mm iz rovnog uglja, krupnoće 100% – 30 mm, čisti se u mašini taložnici na tri proizvoda:

- čist ugalj ( $-1,4 \text{ kg/dm}^3$ )
- međuproizvod ( $1,4 - 1,8 \text{ kg/dm}^3$ )
- jalovina ( $\pm 1,80 \text{ kg/dm}^3$ )

– klasa – 0,5 mm čisti se flotacijskim postupkom na ČU (koncentrat) i jalovinu.

Kvalitet dobijenih proizvoda po predloženom procesu čišćenja bio bi približno sledeći:

– čist ugalj – 30 + 0,5 mm, pored 6% vlage, sadržavao bi 8,21 % pepela, 5,89% ukupnog sumpora, a donja toplotna vrednost bila bi oko 29210 kJ/kg

– međuproizvod – 30 + 0,5 mm, pored 12% vlage, sadržavao bi oko 26,22 % pepela, 8,83% ukupnog sumpora, a donja toplotna vrednost bila bi oko 20220 kJ/kg

– čist ugalj – 0,5 + 0 mm, flotacijski koncentrat, bi pored oko 22% vlage sadržao i 15,39% pepela, 6,35% ukupnog sumpora, a donja toplotna vrednost bila bi oko 20390 kJ/kg.

S obzirom na visok sadržaj sumpora u proizvodima, plasman proizvoda bio bi u RTB Bor za krupnozrni čist ugalj i u ciglanama za međuproizvod i flotacijski koncentrat.

## Literatura

1. Studija mogućnosti čišćenja rovnog uglja Dobra Sreća, Rudarski institut, 1986.
2. Canić M, Šer, V, Đokić, V, 1986: Izbor reagenasa za flotaciju klase – 0,5 mm iz uglja Dobra Sreća. – XVIII savetovanje rudara i metalurga, Bor.
3. DIN standardi za flotiranje kamenog uglja u laboratorijskim uslovima.

## SUMMARY

### Possibilities of Cleaning Coal Dobra Sreća

Results of detailed physico–chemical analyses indicate that the coal belongs to the group bituminous flame coals, that it is highly intergrown with mineral materials and that it has a high sulphur content, mainly pyritic. This significantly restricts the usability of obtained commercial products. When combused, the commercial products produce a high content of gaseous  $\text{SO}_2$  in flue–gases, and discharge of flue–gases with such a concentration of  $\text{SO}_2$  into the free atmosphere is prohibited. In addition, the output of raw run coal in the Mine would be very low if opening took place, so the economy of this venture is highly questionable.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Möglichkeiten des Kohlewaschens Dobra Sreća

Die Ergebnisse eingehender physikalisch–chemischer Analysen zeigen, dass die Kohle in die Gruppe von steinflammiger Kohlen fällt, mit sehr durchwachsenen Mineralstoffen, hohen Schwefelgehalt, vorwiegend von Pyrit stammend. Deshalb ist die Anwendung der gewonnenen wirtschaftlicher Produkte sehr begrenzt. Bei der Verbrennung geben diese Produkte einen hohen  $\text{SO}_2$  Gasgehalt im Rauchgas, andererseits ist der Ablass von Rauchgasen mit einer solchen Konzentration an  $\text{SO}_2$  in die freie Atmosphäre verboten. Sollte es zu einem Erschliessen kommen, wäre die Produktionsleistung an Rohkohle in diesem Bergbauwerk sehr niedrig, wodurch auch die Frage der wirtschaftlichkeit eines solchen Unternehmens offen bleibt.

## РЕЗЮМЕ

### Возможность обогащения угля Добра Среча

Результаты более подробных физико-механических анализов показывают, что уголь относится к группе каменных длинно-пламенных углей, что очень пророс минеральными веществами и имеет очень высокое содержание серы, преимущественно пиритной. Вследствие этого, очень органичено применение полученных коммерческих продуктов. При сгорании коммерческие продукты дают высокое содержание  $SO_2$  газов и дымовых газов, а запрещено выпускать в свободную атмосферу дымовых газов с такой концентрацией  $SO_2$ . Кроме этого, производительность производства рядового угля в этом руднике, если бы дошло до открытия, была бы очень низкая, и поэтому остается открытым вопрос экономичности такого зачинания.

Autor: dipl.inž.Mihajlo Čanić, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: dipl.inž.M Mitrović, Rudarski institut, Beograd  
Članak primljen 2.12.1986, prihvaćen 17.3.1987.

## LABORATORIJSKO ISPITIVANJE UTICAJA PROCESNIH PROMENA U FLOTACIJI PRIMENOM KINETIČKIH PARAMETARA

(sa 3 slike)

Dipl.inž. Vilim Šer

### Uvod

Cilj ovog članka je da se demonstrira primena jednostavnog matematičkog modela na podatke dobijene iz laboratorijskih flotacijskih opita. Prednost ovakvog pristupa je što omogućuje najkorisniju prezentaciju podataka sakupljenih pri laboratorijskim ispitivanjima, koji će se koristiti za poboljšanja u industrijskim uslovima.

Diskontinuirani laboratorijski flotacijski opiti su tradicionalno korišćeni za poređenje opita izvedenih pod različitim uslovima. Obično se prave poređenja u iskorišćenju i sadržaju korisne komponente u koncentratu. U nekim slučajevima korišćene su statističke metode za planiranje i obradu eksperimenata.

Ni jedna od prethodnih metodologija ne koristi činjenicu da se flotacijski proces može predstaviti relativno jednostavnim kinetičkim jednačinama. Da je flotacija kinetički proces koji se može prikazati jednačinom brzine prvog reda zna se već duže vreme, ali primena ovog saznanja, za određivanje uticajnih parametara u flotaciji u laboratorijskim uslovima, je do sada slabo korišćena. U članku je prikazano kako se parametri jednačine brzine prvog reda mogu koristiti za određivanje uticaja krupnoće uglja na flotaciju.

### Matematički model laboratorijskih flotacijskih opita

Model je zasnovan na analiziranju podataka vreme—iskorišćenje, što kao koncept nije novost

(3). Međutim, u praksi, flotacijski laboratorijski opiti se još uvek najčešće izvode tako da se opit sastoji od merenja iskorišćenja i sadržaja pri jednoj vremenskoj tački koja treba da odgovara „krajnjem iskorišćenju” ili „iskorišćenju pri određenom sadržaju”. Iako je stari način jeftiniji od potpune krive vreme—iskorišćenja, ogroman deo korisnih podataka se izgubi u flotacijskom opitu pri jednoj vremenskoj tački, kao što se gubi i mogućnost realnog poređenja efekata raznih promenljivih parametara flotacijskog procesa.

Flotacija se može predstaviti kao kinetički proces prvog reda (2). Tako se dobija kinetička jednačina u obliku:

$$R = R_0 [1 - e^{-k(t+Q)}]$$

gde je:

- R — kumulativno iskorišćenje pri vremenu t (%)
- $R_0$  — krajnje ravnotežno iskorišćenje posle teoretski neograničenog vremena ( $t \rightarrow \infty$ ), (%)
- k — konstanta brzine prvog reda za ukupno izvučenu masu iz čelije ( $\text{min}^{-1}$ )
- Q — korekcija vremena koju je neophodno uvesti zbog nemogućnosti da se utvrdi nulto vreme laboratorijskog flotacijskog opita (min).

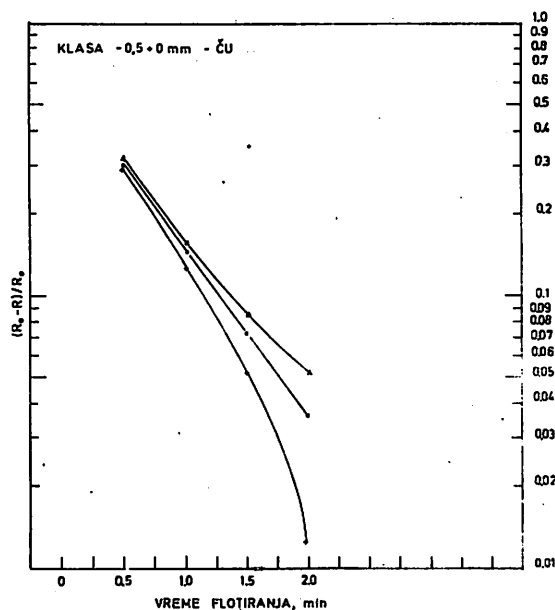
Parametri u ovoj jednačini mogu se odrediti na osnovu laboratorijskih opita, sakupljajući vremenske koncentrate (koncentrate u odgovarajućim vremenskim intervalima); tako se dobija iskorišćenje u funkciji vremena flotiranja. Ova jednačina se može primeniti na sve komponente flotacijskog sistema, uključujući i vodu.

Od dobijenih laboratorijskih podataka dva su parametra koja se moraju odrediti – to su  $R_0$  i  $k$ . Krajnje iskorišćenje,  $R_0$ , se na grafiku uočava kao iskorišćenje koje se asimptotski približava određenoj vrednosti posle dugog vremena flotiranja (1,2). Početna procena  $R_0$  se može dobiti na dijagramu iskorišćenja u funkciji vremena kao na slici 1. Ova procena se zatim proverava i koriguje stavljajući na logaritamski dijagram vrednost  $(R_0 - R)/R_0$  u funkciji vremena flotiranja (slika 2). Ako je procenjena vrednost  $R_0$  suviše velika, kriva će biti konkavna, a ako je suviše mala, kriva će biti konveksna. Najbolje procenjena vrednost za  $R_0$  predstavljena je pravom linijom. Nagib ovako dobijene prave linije predstavlja konstantu brzine  $k$ .

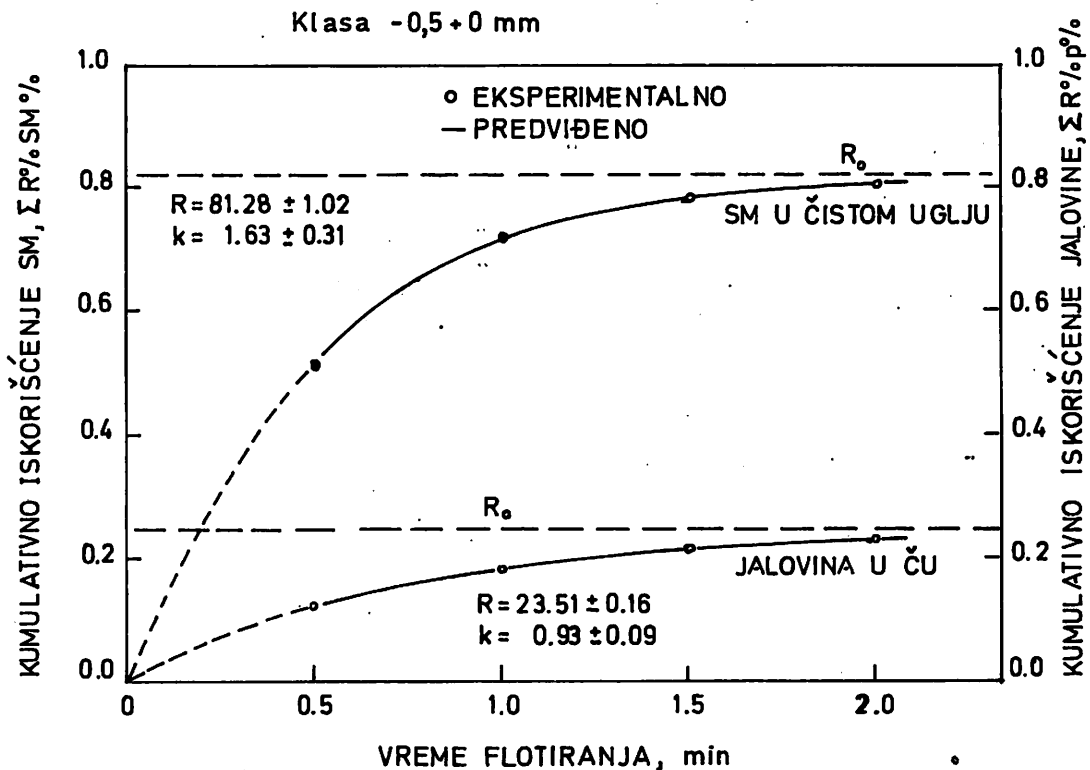
**Opis eksperimentalnog postupka**

Opiti flotiranja izvršeni su na antracitu rudnika Vrška Čuka. Ispitivane su klase – 1 + 0 mm i – 0,5 + 0 mm. Srednji sadržaj pepela (105°C) u uzorcima za opite iznosio je za klasu – 1 + 0 mm 26,19 ± 0,25%, a za klasu – 0,5 + 0 mm 24,26 ± 0,38 % (8).

+ R = 0,82  
 o R = 0,84  
 Δ R = 0,85



Sl. 2 – Procena vrednosti  $R_0$  za kinetičku jednačinu prvog reda.



Sl. 1 – Dijagram iskorišćenja u funkciji vremena flotiranja za procenu vrednosti  $R_0$ .

Laboratorijski opiti su izvedeni u laboratorijskoj flotacionoj mašini Wedag sa ćelijom čija je zapremina 3 dm<sup>3</sup>, a prečnik impelera  $\phi$  70 mm. Broj obrtaja impelera je 1200 o/min, a kondicioniranje 3 min. Ukupno vreme flotiranja iznosi 2 min, s tim što su vremenski koncentraci uzimani svakih 30 s. Tokom flotiranja nisu dodavani nikakvi reagensi, jer se ovakav režim pokazao najpogodnijim za dobijanje kvalitetnih koncentrata. Flotiranje je sa 150 g/l čvrstog u pulpi (cca 15% Č).

Za svaku klasu krupnoće izvršena su po 3 opita i to pod potpuno istim uslovima koji su prethodno dati. U tablici 1 prikazani su dobijeni rezultati za klasu – 1 + 0 mm, a u tablici 2 za klasu – 0,5 + 0 mm.

U daljim razmatranjima prikazana je primena matematičkog modela za sagorjive materije i jalovinu u ČU.

Vrednosti R<sub>0</sub> za obe klase krupnoće, kako za korisnu tako i za jalovinsku komponentu ČU, određene su na logaritamskom dijagramu kako je ranije objašnjeno na slici 2. Na osnovu ovako procenjenih vrednosti R<sub>0</sub> izračunate su konstante brzine k za korisnu komponentu i jalovinu, prikazane u tablicama 3 i 4. Praktično, k predstavlja nagib prave linije koja je provučena (koristeći statističku metodu najmanjih kvadrata) kroz tačke čije su koordinate x = vreme flotiranja i y = ln R<sub>0</sub>/(R<sub>0</sub>–R), tj. k je, u stvari, u opštoj jednačini prave y = a + bx, koeficijent b.

Korekcija vremena se iz jednačine prave izračunava kao Q = a/b.

Kako su za svaku klasu krupnoće urađena po tri opita pod istim uslovima (opiti reproduktivnosti), konstanta brzine je data za klasu sa intervalom poverenja pri pouzdanosti od 95% (k<sub>95</sub>).

U daljem tekstu prikazaće se primer provere pouzdanosti matematičkog modela statističkom metodom analize varijanse i F – testa (7). Kao primer uzet je ČU iz opita 1 kod klase – 0,5 + 0 mm. Kinetička jednačina za ovaj slučaj glasi:

$$R = 84 [ 1 - e^{-1,498 (t+0,21)} ]$$

U tablici 5 prikazane su vrednosti za R dobijene u laboratorijskom opitu i izračunate vrednosti iz kinetičke jednačine, kao i analiza varijanse. Kako je dobijena vrednost F veća od tablične, zaključuje se da je izabrani matematički

Tablica 1

Rezultati flotiranja klase – 1 + 0 mm

Proizvod	Vreme flot. min.	OPIT 1			OPIT 2			OPIT 3					
		M%	*SM%	R%SM	ΣR%SM↓	M%	SM%	R%SM	ΣR%SM↓	M%	SM%	R%SM	ΣR%SM↓
K-1	0,5	41,50	93,07	52,34	52,34	43,57	93,25	55,20	55,20	43,39	93,37	54,45	54,45
K-2	1,0	12,37	91,40	15,32	67,66	10,80	90,76	13,32	68,52	11,52	91,04	14,09	68,54
K-3	1,5	4,51	84,80	5,18	72,84	4,41	85,86	5,14	73,66	4,20	86,90	4,91	73,45
K-4	2,0	2,95	81,23	3,25	76,09	2,19	83,73	2,50	76,16	2,84	82,78	3,16	76,61
JALOVINA		38,67	45,64	23,91	100,00	39,03	44,96	23,84	100,00	38,05	45,73	23,39	100,00
ULAZ		100,00	73,80	100,00	–	100,00	73,60	100,00	–	100,00	74,40	100,00	–

\* Sadržaj sagorjivih materija SM% = 100% – p% (105°C)

Iskorišćenje sagorjivih materija posle 2 min flotiranja: R<sub>95</sub> = 76,29 ± 0,70

Rezultati flotiranja klase - 0,5 + 0 mm

Tablica 2

Proizvod. zvod	Vreme flot. min.	OPIT 1				OPIT 2				OPIT 3			
		M%	SM%	R%SM	ΣR%SM↓	M%	SM	T%SM	ΣR%SM↓	M%	SM%	R%SM	ΣR%SM↓
K-1	0,5	43,62	92,87	53,17	53,17	42,85	93,12	52,55	52,55	40,15	93,14	49,10	49,10
K-2	1,0	15,40	91,48	18,49	71,66	15,91	91,40	19,15	71,70	18,88	91,99	22,80	71,90
K-3	1,5	5,17	86,95	5,90	77,56	5,80	86,56	6,61	78,31	5,18	87,54	5,95	77,85
K-4	2,0	3,01	82,72	3,27	80,83	2,87	80,84	3,05	81,36	3,57	80,83	3,79	81,64
JALOVINA		32,80	44,51	19,17	100,00	32,57	43,45	18,64	100,00	32,22	43,39	18,36	100,00
ULAZ		100,00	76,18	100,00	-	100,00	75,94	100,00	-	100,00	76,16	100,00	-

Iskorišćenje sagorljivih materija posle 2 min. flotiranja:  $R_{0,5} = 81,28 \pm 1,02$

Određivanje vrednosti konstante brzine za klasu - 1 + 0 mm

Tablica 3

	Vreme flotiranja, min										Proizvod i procesna vrednost $R_0$		
	OPIT 1		OPIT 2		OPIT 3		OPIT 1		OPIT 3				
	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0	0,5	1,0	1,5	2,0	
RSM In $R_0/(R_0/RSM)$	52,34 1,09	67,66 1,94	72,84 2,55	76,09 3,30	55,20 1,20	68,52 2,02	73,66 2,69	76,16 3,33	54,45 1,17	68,54 2,02	73,45 2,66	76,61 3,50	SM u ČU $R_0 = 79\%$
$R_p$ In $R_0/(R_0-R_p)$	10,98 0,65	15,04 1,06	17,66 1,46	19,77 1,96	11,14 0,66	14,92 1,05	17,28 1,39	18,63 1,66	11,24 0,67	15,27 1,09	17,42 1,42	19,33 1,84	J u ČU $R_0 = 23\%$
Konstante brzine min <sup>-1</sup> i korekcija vremena, min		$k = 1,448$	$Q = 0,28$			$k = 1,412$	$Q = 0,39$		$k = 1,526$	$Q = 0,28$			SM u ČU J u ČU
		$k = 0,87$	$Q = 0,23$			$k = 0,67$	$Q = 0,53$		$k = 0,77$	$Q = 0,38$			SM u ČU J u ČU

Određivanje vrednosti konstante brzine za klasu - 0,5 + 0 mm

RSM $\ln R_0 / (R_0 - R_{SW})$		53,17	71,66	77,56	80,83	52,55	71,70	78,31	81,36	49,10	71,90	77,85	81,64	SM u ČU $R_0 = 84\%$
$R_p$ $\ln R_0 / (R_0 - R_p)$		1,00	1,92	2,57	3,28	0,98	1,92	2,69	3,46	0,88	1,94	2,61	3,57	
Konstante brzine, $\text{min}^{-1}$ i korekcija vremena, min		13,06	18,57	21,40	23,58	12,25	17,94	21,18	23,46	11,56	17,90	20,61	23,48	J u ČU $R_0 = 27\%$
		0,66	1,16	1,57	2,07	0,60	1,09	1,53	2,03	0,56	1,09	1,44	2,04	
		$k = 1,498$	$Q = 0,21$	$Q = 0,16$	$Q = 0,13$	$k = 1,642$	$Q = 0,13$	$Q = 0,14$	$Q = 0,14$	$k = 1,748$	$Q = 0,04$	$Q = 0,09$	$Q = 0,09$	
		$k_{95} = 1,629 \pm 0,31$	$k_{95} = 0,933 \pm 0,09$											

Tablica 4

model u saglasnosti sa merenim rezultatima. Na isti način provereni su i zadovoljavaju F-test svi opiti, kako za korisnu komponentu, tako i za jalovinu.

Iskorišćenje sagorljivih materija u ČU, mereno i računski ocenjeno, sa analizom varijanse - klasa - 0,5 + 0 mm, opit 1

Tablica 5

Vreme flotiranja, min	R % mereno	R % računski	R % mer - R % rač.
0,5	53,17	55,00	-1,83
1,0	71,66	70,29	1,37
1,5	77,56	77,52	0,04
2,0	80,83	80,93	0,10

Analiza varijanse

Izvor varijacije	Stepen slobode	Suma kva- drata	Srednji kvadrat	F-test
Usled regresije	1	452,61	452,61	172,75
Odstupanje od regresije	2	5,24	2,62	-
UKUPNO	3	457,85	$F_{95}(1,2) = 18,51$	

Faktor analize varijanse F za 1 i 2 stepena slobode pri 95% verovatnoće iznosi 18,51

### Izbor klase krupnoće za flotaciju uglja

Na osnovu laboratorijskih opita i pomoću kinetičke jednačine određene su vrednosti za ukupno iskorišćenje posle dva minuta flotiranja i odgovarajuće konstante brzina, prikazane u tablici 6.

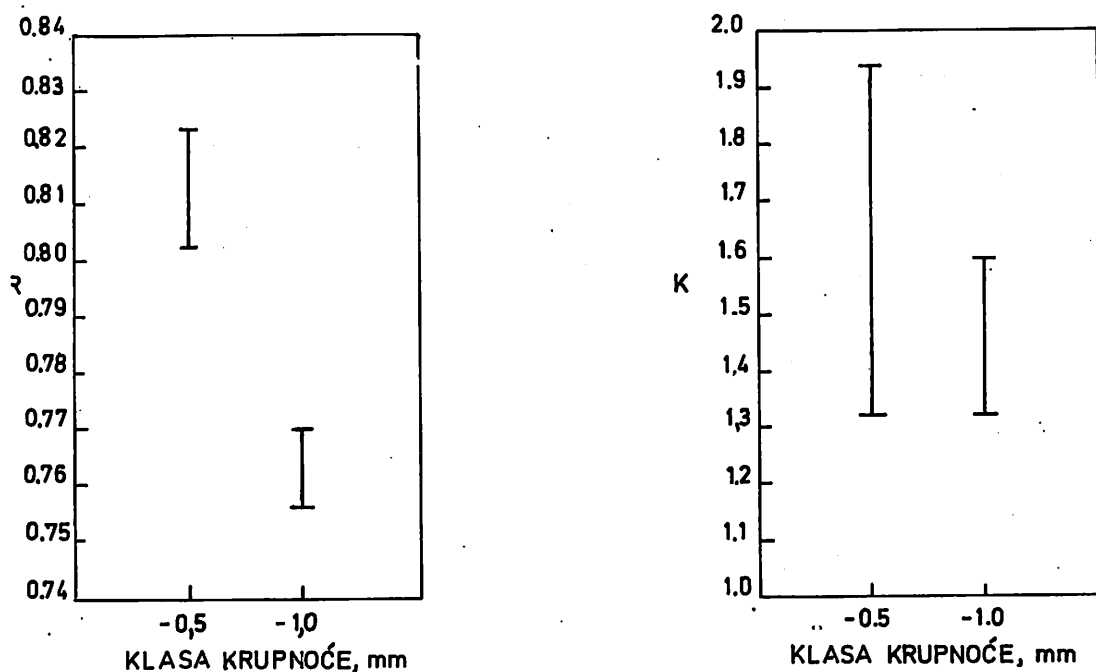
### Uticaj krupnoće na flotaciju uglja ( $t_{fl} = 2$ min)

Tablica 6

Klasa krupnoće, mm	SM u ČU		Jalovina u ČU	
	R	k	R	k
-1 + 0	$76,29 \pm 0,70$	$1,46 \pm 0,14$	$19,24 \pm 1,43$	$0,77 \pm 0,24$
-0,5 + 0	$81,28 \pm 1,02$	$1,63 \pm 0,31$	$23,51 \pm 0,16$	$0,93 \pm 0,09$

Rezultati iz tablice 6 su prikazani i grafički na slici 3.

Iz tablice 6 i slike 3 se vidi da se konstante brzina prvog reda za ČU poklapaju za obe klase krupnoće, pa statistički značajne razlike u kinetici



Sl. 3 – Uticaj krupnoće na flotaciju ČU iz antracita Vrška Čuka.

flotiranja između klase  $-1 + 0$  mm i  $-0,5 + 0$  mm ne postoje. Međutim, razlika u iskorišćenju ČU je značajna, tj. intervali poverenja se ne poklapaju, pa je po ovom kriterijumu zaključeno sa 95% sigurnosti da klasu  $-0,5 + 0$  mm treba flotirati.

#### Zaključak

Demonstrirana je primena kinetičke analize za određivanje uticaja krupnoće na flotacijsku separaciju. Korišćenjem kinetičkih parametara, konstante brzine  $k$  i krajnjeg iskorišćenja  $R_0$ , u mogućnosti smo da delimično pratimo mehanizam kojim se flotacija menja promenom uslova.

Poznavanje zavisnosti vreme–iskorišćenje, koje dovodi do krajnjeg iskorišćenja, često je važnije

nego da se zna samo krajnje iskorišćenje. Ovo naročito važi za određivanje fizičkih procesnih promena u flotaciji (npr. promena u broju obrtaja, protoku vazduha, temperaturi ulazne pulpe, ulazne krupnoće, itd.), kao i za poređenja različitih reagensnih režima.

Klasični pristup krajnjeg iskorišćenja u jednoj tački pruža veoma slabe korelacije između laboratorijskih i industrijskih istraživanja: fenomen koji se često javlja.

Uvođenje brzine znatno pomaže da se objasni i poboljša pouzdanost prenosa laboratorijskih rezultata na industrijske uslove. Kinetička analiza omogućava određivanje optimalnih uslova flotacije, pruža siguran tehnološki postupak za izračunavanje optimalnog vremena flotacije  $t$ , na kraju, identifikuje optimalnu separaciju bez potrebe da se urade eksperimenti pri svakom željenom vremenu.

#### SUMMARY

##### Use of Kinetic Parameters for Laboratory Testing Process Changes Influence in Flotation

The paper demonstrates the use of kinetic analyses on laboratory flotation tests data. Use of kinetic parameters, velocity constant  $K$  and final recovery  $R_0$  partially affords monitoring of the mechanism of flotation variation with changes of conditions. Also it is outlined how velocity equation of first order parameters may be utilized for determining the effects of coal size on flotation. Use was also made of statistical methods for planning and processing experimental data. This method of operation considerably improves the reliability of transfer of laboratory results to full-scale conditions.



## ZUSAMMENFASSUNG

### Anwendung kinetischer Parameter bei Laborforschungen der Einflüsse von Veränderungsprozesse in der Flotation

Im Artikel wird die Anwendung kinetischer Analyse auf Daten laboratorischer Flotationsversuche gezeigt. Durch Verwendung kinetischer Parameter, konstanter Geschwindigkeit  $k$  und der Endausnutzung  $R_{0x}$  lässt sich teilweise das die Flotation ändernde Mechanismus mit der Veränderung von Bedingungen verfolgen. Weiter wurde dargestellt wie die Parameter der Geschwindigkeitsgleichung des ersten Grades bei der Bestimmung des Einflusses von Kohlegrösse in der Flotation anwendbar sind. Es wurden auch statische planungsmethoden und Bearbeitung Versuchsdaten angewendet. Durch eine solche Arbeitsweise wird wesentlich die Zufürlässigkeit bei der Übertragung von Laborergebnisse auf die industriellen Arbeitsbedingungen verbessert.

## РЕЗЮМЕ

Применение кинетических параметров для лабораторного испытания влияния процесса изменений в флотации

В статье показывается применение кинетического анализа на данные из лабораторных флотационных опытов. Использование кинетических параметров, постоянной скорости  $k$  и конечного использования  $R_0$  возможно частично проследить механизм, которым флотация изменяется изменением условий. В дальнейшем дан обзор как можно использовать параметры уравнения скорости первого ряда для определения влияния кусковатости угля на флотацию. Используются и статические методы для планирования и обработки экспериментальных данных. Таким способом работы значительно улучшается уверенность передачи лабораторных результатов на промышленные условия.

## Literatura

1. Agar, G.E., Stratton—Crawley R. Bruce T.J., 1980: Optimizing the design of flotation circuits; CIM Bulletin, Dec. 1980; pp 173–181.
2. Agar, G.E., Barrett J.J., 1983: The use of flotation rate data to evaluate reagents; CIM Bulletin, March 1983; pp 157–163.
3. Kelsall D.F., 1961: Application of probability in the assessment of flotation systems; Trans. Inst. of Min. and Metal., Vol. 70, Oct. 1961; pp 191–204.
4. Klimpel R.R., 1978: Selection of chemical reagents for flotation; Mineral Processing Plant Design, 1978; pp 907–934.
5. Klimpel, R.R., Hansen R., Meyer W., 1982: The engineering characterization of flotation reagent behavior in sulfide ore flotation; XIV International Mineral Processing Congress, 1982, Toronto.
6. Flotation reagent research; International Mining, May 1986, pp 19–22
7. Himelblau D.M., 1968: Process analysis by statistical methods; 1968, John Wiley & Sons, New York.
8. Izveštaj o ispitivanjima mogućnosti i uslova flotiranja uglja Vrška Čuka u teškoj sredini, Rudarski institut, Beograd, 1985.

Autor: dipl.inž.Vilim Šer, Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: prof. dr inž. D Šelatić, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd  
Članak primljen 2.12.1986, prihvaćen 17.3.1987.

## ISPITIVANJE EFIKASNOSTI FLOKULACIJE ZA UKLANJANJE MULJA IZ OTPADNIH VODA STVORENIH DEZINTEGRACIJOM UGLJA KOVIN U TOKU HIDROTRANSPORTA

(sa 3 slike)

Mrinž. Branislav Anđelković – Ljiljana Vujičić, tehn.

### Uvod

U probnom podvodnom kopu lignita ležišta Kovin transport uglja do odredišta vršice se hidrauličnim putem primenom pumpi sa odgovarajućom konstrukcijom.

Poluindustrijska istraživanja ukazala su da je uticaj hidrotransporta na dezintegraciju uglja minimalan (zbog prirode samog uglja), tj. da ovaj način transporta pozitivno utiče na poboljšanje i oplemenjivanje uglja, što ukupno čini njegov transport ekonomičnijim. Dezintegracija je posebno izražena kod jalovog (glinovitog) dela uglja, koji se znatnim delom od njega odvaja i prelazi u suspenziju. Na taj način stvara se mogućnost jednostavnijeg i efikasnijeg odvajanja glinovitih i drugih sastojaka od ugljene mase.

Međutim, istovremeno sa pojavom muljevitih frakcija, kao posledica fizičke dezintegracije jalovih, posebno glinovitih komponenti, u toku hidrotransporta javlja se problem kako iz ove suspenzije izdvojiti čvrstu fazu i time zaštititi okolinu od zagađivanja. Ispitivanja, čije rezultate ovde prikazujemo, obavljena su sa ciljem da se iznađu najpovoljniji uslovi za efikasno taloženje čvrste faze iz muljevite pulpe. Svakako da je efekat izdvajanja čvrste faze putem prirodnog taloženja krajnje nepovoljan, a to se i očekivalo.

Zbog toga su ispitivanja usmerena na ubrzanje efekta izdvajanja muljevitih frakcija primenom flokulacije pod dejstvom savremenih flokulanata.

### Prikaz i komentar rezultata ispitivanja

#### Karakteristike ispitivanih uzoraka

Uzorci na kojima su vršena ispitivanja, formirani su simulacijom hidrotransporta uglja – slojeva Ib i II. Tom prilikom su posebno izdvojeni produkti dezintegracije. Čvrsta faza je filtracijom izdvojena, homogenizirana i podvrgnuta analizi granulosa sastava i sadržaja pepela. Radi unapređenja, sadržaj pepela je analiziran u rovnom uglju pre i posle dezintegracije.

U tablicama 1 i 2 prikazan je sadržaj pepela u rovnom uglju pre i posle dezintegracije i u produktu dezintegracije za sloj Ib i sloj II.

#### Pregled sadržaja pepela u uzorku Kovin pre i posle dezintegracije za karakteristične klase krupnoće

Produkti	Sloj Ib		Tablica 1	
	Otvor sita mm	U %	P %	RP %
Rovni ugalj	– 30 + 0	100,00	34,00	100,00
Ugalj posle dezintegracije	– 30 + 1	58,4	14,57	24,94
Produkt dezintegracije	– 1 + 0	41,6	61,56	75,06

Produkti	Sloj II			Tablica 2
	Otvor sita mm	U %	P %	RP %
Rovni ugalj	– 30 + 0	100,00	58,00	100,00
Ugalj posle dezintegracije	– 30 + 1	28,5	23,44	11,54
Produkt dezintegracije	– 1 + 0	71,5	71,65	88,46

Opiti taloženja muljevutih frakcija primenom flokulacije

#### Granulometrijski sastav muljevite frakcije

Da bi se odredilo vreme, potrebno za taloženje pojedinih čestica različitih klasa krupnoće, kao i njihovo težinsko učešće, izvršena je sedimentometrijska analiza (za sloj Ib i sloj II).

Vreme taloženja pojedinih klasa određivano je na osnovu Štokesove jednačine za brzinu padanja čestica. Na bazi ovih ispitivanja dobijeni su rezultati dati u tablicama 3 i 4.

Iz talica 3 i 4 može se videti da je najsitnija klasa – 0,0065 + 0 zastupljena težinski sa oko 14%. Ovo ukazuje da će taloženje najsitnijih čestica biti veoma teško u postojećim uslovima.

#### Uslovi za izvođenje opita taloženja primenom flokulacije

Dobijeni rezultati taloženja bez reagenasa ukazali su da je i posle više časova taloženja u gornjem delu menzure voda приметно mutna. Ova zamućenost vode slabi, ali ne toliko da bi nakon 24 h bila bistra. To ukazuje da u suspenziji postoje koloidne čestice, kao i razne rastvorene soli, koje utiču na sadržaj suspendovanih čestica u vodi.

Granulometrijski sastav produkta krupnoće – 1 + 0 mm kao i vreme taloženja (sedimentacije) po klasama krupnoće za sloj Ib

Klasa krupnoće	Sloj Ib							Tablica 3
	Vreme t			M	M	M	M	
	čas	min	s	g	%	%	%	
– 1,0 + 0,075			50,26	56,40	56,40	56,40	–	
– 0,074 + 0,053		1	38	7,10	7,10	63,50	43,60	
– 0,053 + 0,026		6	47	11,00	11,00	74,50	36,50	
– 0,026 + 0,013		27	9	7,70	7,70	82,20	25,50	
– 0,013 + 0,0065	1	48	34	3,70	3,70	85,90	17,80	
– 0,0065 + 0				14,10	14,10	100,00	14,10	
Ulaz								
– 1,0 + 0				100,00	100,00	–	–	

Granulometrijski sastav produkta krupnoće – 1 + 0 mm kao i vreme taloženja (sedimentacije) po klasama krupnoće za sloj II

Klase krupnoće	Sloj II							Tablica 4
	Vreme t			M	M	M	M	
	čas	min	s	g	%	%	%	
– 1,0 + 0,074			45,5	50,30	50,30	50,30	–	
– 0,074 + 0,053		1	28,7	13,00	13,00	63,30	49,70	
– 0,063 + 0,026		6	8,55	12,30	12,30	75,60	36,70	
– 0,026 + 0,013		24	34,1	7,20	7,20	82,80	24,40	
– 0,013 + 0,0065	1	38	16,6	3,50	3,50	86,30	17,20	
– 0,0065 + 0				13,70	13,70	100,00	13,70	
Ulaz								
– 1,0 + 0				100,00	100,00	–	–	

Na osnovu toga smatra se da bi najbolji način za dobijanje čistog preliwa vode bio postupak ubrzanog taloženja, regulisanjem fizičko—hemijskih svojstava dispergovanih čestica pomoću koagulanata i flokulanata.

Opiti taloženja vršeni su u graduiranoj staklenoj menzuri sa zapreminom od jednog litra. Polazna gustina suspenzije iznosila je 3% čvrstog. Za opite je uzeta frakcija klase krupnoće  $-1 + 0$  mm.

Koncentracija dispergovanih čestica u jednom litru pulpe iznosila je 30000 mg/l. Ova koncentracija je određena na osnovu brojnih uzoraka uzetih posle dezintegracije uglja za sloj Ib i sloj II i ona predstavlja srednju vrednost težine uzoraka. Prema tome, u toku svih ispitivanja taloženja težina čvrste materije u polaznoj suspenziji od 30000 mg/l bila je nepromenjena.

Da bi se odabrali reagensi za proces istraživanja izvršena je kvalitativna proba delovanja flokulanata N i A iz Župe—Kruševac. Zatim su ispitivani koagulant:  $Fe_4$ , 10%-ni  $Fe^{3+}$ , koje proizvodi VEPLAS — Titovo Velenje i ferisulfat  $Fe_2(SO_4)_3$ . Ovakva istraživanja su pokazala, da su efekti taloženja upotrebom flokulanata bez koagulanta, ili obrnuto, upotrebom koagulanta bez flokulanta,

dali nezadovoljavajuće rezultate. Tek primenom oba reagensa (flokulanta i koagulanta) dobili su se zadovoljavajući efekti taloženja, tj. kombinacijom viševalentnih elektrolita i flokulanata dobija se najbrže taloženje prema istim količinama potrošnje reagensa. Na osnovu ovih istraživanja određeni su za dalja ispitivanja flokulant N (nejonogeni) Župa—Kruševac i koagulant  $Fe_4$  i  $Fe_2(SO_4)_3$ .

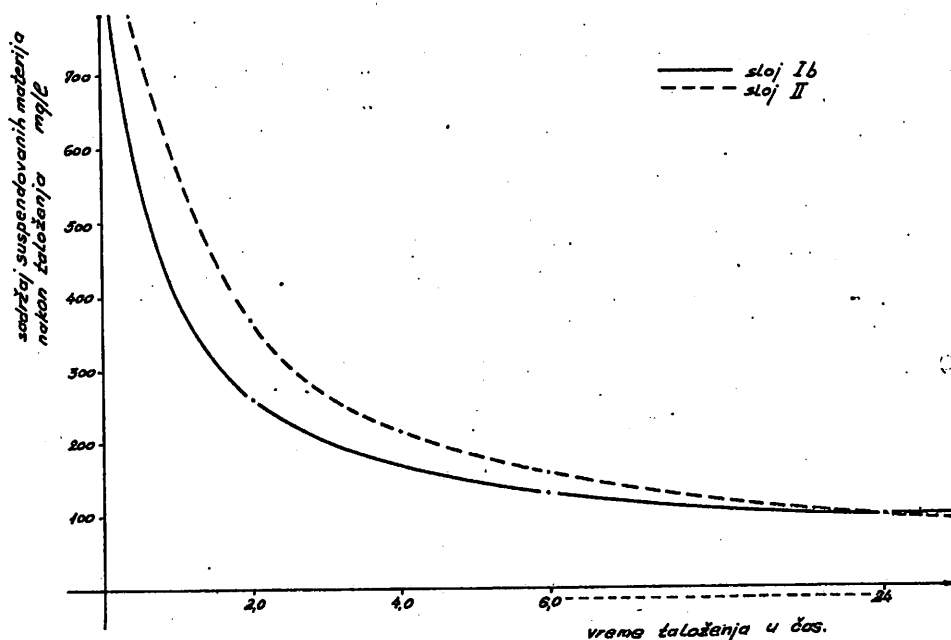
Drugi razlog za ovakvo opredeljenje je što se ovi reagensi proizvode u našoj zemlji, pa se mogu nabaviti veoma brzo i po nižim cenama.

Pri doziranju reagensa vršena su podjednaka mešanja pulpe ručnim okretanjem menzure, da bi se izvršila homogenizacija raspodele reagensa po celoj masi suspenzije.

Nakon određenog vremena taloženja uzima se uzorak vode na visini sredine graduirane menzure i priprema za analizu količine suspendovane materije po jednom litru.

#### *Prikaz i komentar rezultata opita taloženja primenom flokulacije*

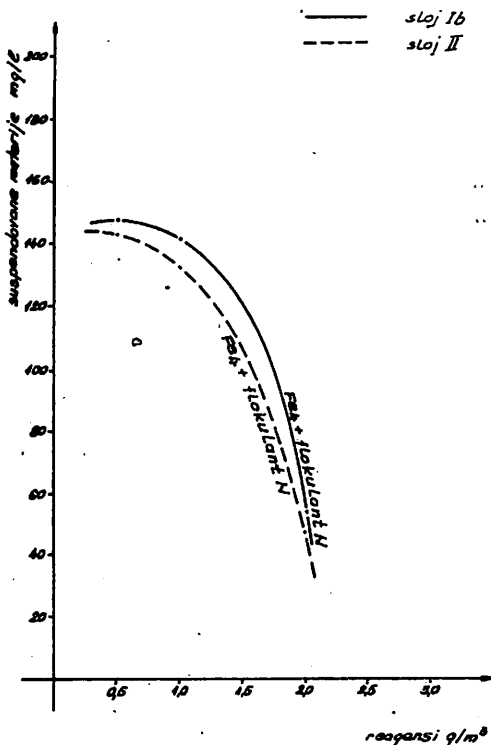
Na slici 1 date su uporedne krive taloženja bez reagensa. One pokazuju da sadržaj suspendovanih



Sl. 1

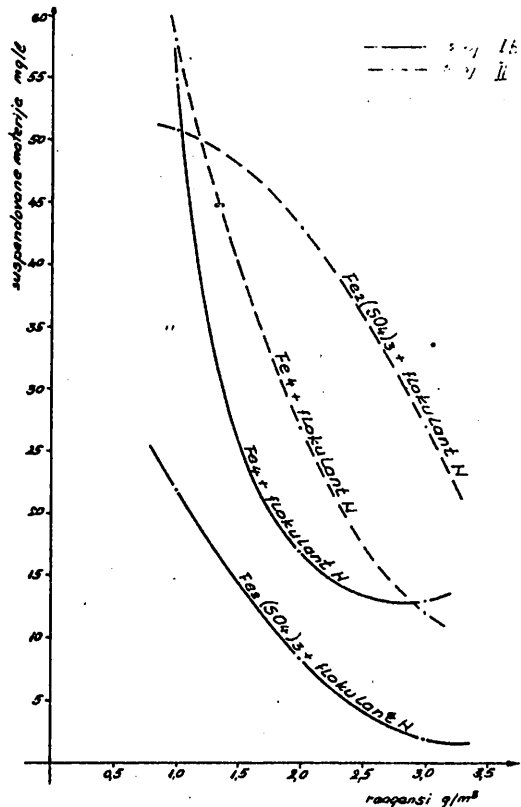
čestica i posle 24 h taloženja (za sloj Ib i sloj II) iznosi oko 100 mg/l. Ako se prati vreme taloženja u jednom intervalu vremena zapaža se sledeće: produžavanjem vremena taloženja od 6 h na 24 h kriva dobija blag pad, a istovremeno i sadržaj suspendovanih čestica postepeno opada. Što se više bliži vreme od 24 h, krive imaju manji pad i prelaze u horizontalu, što vidno ukazuje da postepeno dolazi do stagnacije taloženja. Može se slobodno reći, da je razlika u sadržaju suspendovanih čestica kod vremena taloženja 6 h i 24 h mala. Ovo još jednom potvrđuje da u suspenziji postoje koloidne čestice, kao i razne rastvorljive soli, koje imaju znatan uticaj na sadržaj suspendovanih čestica u vodi.

Upotrebom reagenasa (flokulanta N i koagulant  $Fe_4$ ) hteli smo da saznamo efekat taloženja u kratkom intervalu vremena od 2 minuta za sloj Ib i sloj II. Rezultati, dobijeni na bazi ovih ispitivanja, dati su na slici 2. Iz slike se može videti da su efekti taloženja sa  $0,5 \text{ g/m}^3$  flokulanta N i  $0,5 \text{ g/m}^3$  koagulant  $Fe_4$  u toku 2 minuta približno isti kao i kod taloženja bez reagenasa u vremenu od 6 h. Ovo nas je podstaklo da nastavimo rad i da uzorkujemo ne na 2 minuta, već posle 1 h pri istoj potrošnji reagenasa.



Sl. 2

Ispitivanja su dala dobre rezultate što pokazuje slika 3. Potrošnjom od  $1 \text{ g/m}^3$  ferisulfata ( $Fe_2(SO_4)_3$ ) i  $1 \text{ g/m}^3$  flokulanta N dobili smo kod sloja Ib 24 mg/l, a kod sloja II 52 mg/l suspendovanih čestica, što je neuporedivo manje nego pri uzorkovanju od 2 minuta. Na krivama sl. 3 vidi se da je kod sloja II brzina taloženja čestica niža nego kod sloja Ib (pri istoj količini potrošnje reagenasa) posle 1 h taloženja, iako je voda nakon taloženja kod sloja II izgledala bistrija od sloja Ib, jer sloj II ima veći sadržaj gline i rastvorenih soli od sloja Ib.



Sl. 3.

U tablici 5 dat je pregled ispitivanja taloženja klase krupnoće  $-1 + 0 \text{ mm}$  pri različitim uslovima. Zapaža se da je pri većoj potrošnji reagenasa (od  $1-3 \text{ g/m}^3$ ) brzina taloženja veća, a sadržaj dispergovanih čestica u jednom litru manji. Potrošnja reagenasa nije bila veća od  $3 \text{ g/m}^3$ , a nije bilo ni potrebno, jer je već kod  $2 \text{ g/m}^3$  potrošnje dobijeno oko 30 mg/l suspendovane materije, što je dovoljno za drugu grupu MDK (maksimalno dozvoljene koncentracije) koja se može ispuštati u vodotok.

Ispitivanja taloženja klase krupnoće — 1 + 0 mm kod uzorka uglja Kovin za sloj Ib i sloj II pri različitim uslovima

Tablica 5

1. Prirodno taloženje

Opit broj	Vreme taloženja, čas	Suspendovane materije, mg/l	
		sloj Ib	sloj II
Polazna suspenzija	0	30.000	30.000
1	2	258	373
2	4	134	216
3	6	131	164
4	24	97	64

2. Talozenje uz upotrebu kombinacije reagenasa i to:

- elektrolita, proizvodnja Vepias — Titovo Velenje, koagulant  $Fe_4$  10%-ni  $Fe^{3+}$
- flokulanta N, proizvodnja: Župa — Kruševac

Opit broj	Vreme taloženja, min	Reagensi		Suspendovane materije	
		flokulant N	koagulant $Fe_4$	sloj Ib	sloj II
Polazna suspenzija	—	—	—	30.000	30.000
5	2	0,5	0,5	147	142
6	2	1,0	1,0	141	132
7	2	2,0	2,0	54	47

3. Talozenje uz upotrebu iste kombinacije reagenasa (kao pod tačkom 2), uz promenu vremena taloženja

Opit broj	Vreme taloženja, min	Reagensi		Suspendovane materije	
		flokulant N	koagulant $Fe_4$	sloj Ib	sloj II
		$g/m^3$	$g/m^3$	mg/l	mg/l
Polazna suspenzija	—	—	—	30.000	30.000
8	1	1,0	1,0	55	58
9	1	2,0	2,0	17	27
10	1	3,0	3,0	13	12

4. Talozenje uz upotrebu kombinacije reagenasa i to:

- koagulanta  $Fe_2(SO_4)_3$  i
- flokulanta N, proizvodnja Župa — Kruševac

Opit broj	Vreme taloženja u min	Reagensi		Suspendovane materije	
		flokulant N	koagulant $Fe_2(SO_4)_3$	sloj Ib	sloj II
		$g/m^3$	$g/m^3$	mg/l	mg/l
Polazna suspenzija	—	—	—	30.000	30.000
11	1	1,0	1,0	22	51
12	1	2,0	2,0	10	43
13	1	2,0	2,0	7	—
14	1	3,0	3,0	0	32
15	1	3,0	3,0	4	27

Pregled sitovnih analiza kao i drugi parametri nakon taloženja klase krupnoće — 1 + 0 mm

Tablica 6

Otvor sita mm	Sloj Ib				Sloj II			
	Mg	M%	ΣM% ↓	ΣM% ↑	Mg	M%	Σ M% ↓	Σ M% ↑
+ 0,149	13,6	45,3	45,3	—	9,0	30,0	30,0	—
+ 0,074	5,2	17,3	62,6	54,7	7,7	25,7	55,7	70,0
+ 0,043	3,9	13,1	75,7	5,2	5,2	17,3	73,0	44,3
— 0,043	7,3	24,3	100,0	24,3	8,1	27,0	100,0	27,0

Ostali pokazatelji

Ugljeni sloj	Ib		II	
Specifična gustina	t/m <sup>3</sup>	2,05	2,16	
Procent čvrstog	%	3,00	3,00	
Gustina taloga	%	1 h	27,42	25,86
posle 1 h i 24 h taloženja		24 h	28,13	26,52
Gustina taloga bez reagenasa	%	24 h	26,00	24,79

U tablici 6 date su karakteristike istaložene materije za klasu krupnoće —1 + 0 mm. Zapaža se da sloj II ima znatno više sitnih čestica (sloj II — 0,043 27%, sloj Ib — 0,043 24,3%).

I specifična gustina je veća kod sloja II u odnosu na sloj Ib (sloj II — 2,16, sloj Ib 2,05).

Gustina taloga je različita kod taloženja sa reagensima i bez reagenasa, jer je sastav kod taloga sa reagensima zbijeniji zbog same težine flokula, koje su takoreći naslagane jedna iznad druge.

Zaključni osvrt

S obzirom na značaj ispitivanja, koja se vrše u toku izgradnje rudnika uglja Kovin, ova istraživa-

nja posebno otkrivaju mogućnost za rešavanje problema taloženja najsitnijih (koloidnih) čestica posle dezintegracije uglja u toku hidrotransporta.

Ona nam, takođe, daju mogućnost da se problem taloženja efikasnije i ekonomičnije reši.

Ispitivanja prikazuju potrošnju reagenasa i efekat taloženja suspenzije, kao i vrstu korišćenih reagenasa.

Kako će se rešiti problem taloženja zavisi od prirode jalovog sastava u uglju i zahteva određenih faktora u smislu zaštite čovekove sredine.

SUMMARY

Testing the Efficiency of Flocculation for Removal of Mud Fractions Formed by Kovin Coal Disintegration During Hydrotransport

Research carried out during the construction of Coal Mine Kovin afford the possibility of solving the problems of settlement of the finest (colloidal) particles after coal disintegration during hydrotransport.

Outlined also are the reagents consumption, suspension settlement effect and the type of utilized reagents.

Solution of the settlement problem depends on the composition of the gangue in the coal and environmental protection.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Prüfung von Flockungswirksamkeit zur Beseitigung von Schlammfraktionen entstanden durch Kohledesintegration in Kovin während des Hydrotransportes

Die Forschungen, die im Laufe des Ausbaues des Kohlebergwerkes in Kovin durchgeführt werden, geben die Möglichkeit der Lösung des Problems von Absetzen auch der kleinsten (kolloider) Teilchen nach Kohledesintegration im Laufe des Hydrotransportes.

Es wird die Möglichkeit der Problemlösung vom Absetzen wirksamer und wirtschaftlicher vorgelegt.

Wie das Absetzenproblem gelöst wird, hängt von der Bergezusammensetzung in der Kohle und des Umweltschutzes ab.

## РЕЗЮМЕ

### Испытание эффективности флокуляции для удаления шламовых фракций, созданных дезинтеграцией угля Новин в течение гидротранспорта

Исследования, проводимые в течение строительства рудника угля Новин, дают возможность решения проблемы осадения самых мелких (коллоидных) частиц после дезинтеграции угля в течение гидротранспорта.

Дается и возможность для решения проблемы осадения и то более эффективно и более экономично.

Решение проблемы осадения будет зависеть от состава пустой породы в угле и защите человеческой окружающей среды.

Autori: mr inž. Branislav Anđelković i Ljiljana Vujičić, tehn., Zavod za pripremu mineralnih sirovina u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: prof. inž. G. Hovanec, Rudarski institut, Beograd

Članak primljen 18.12.1986, prihvaćen 17.03.1987.



## UTVRĐIVANJE EKSPLOZIVNIH I ZAPALJIVIH KARAKTERISTIKA NATALOŽENE UGLJENE PRAŠINE POSLE POŽARA U TE KOSTOLAC III

(sa 3 slike)

Dr inž. Aleksandar Ćurčić – dr Branka Vukanović, dipl.hem.

### Uvod

U TE Kostolac III oko 20<sup>30</sup> časova, dana 14.8.1986. godine, došlo je do požara u kotlarnici na koti 0,00 kod mlina broj 4.

Prema izveštaju stručne komisije „najverovatniji izvor požara je izletanje zapaljivih čestica ugljene prašine i paljenje nataložene prašine i zauljene ugljene prašine oko mlina broj 4. Prema tragovima plamena sagorevala je nataložena i sigurno zasićena ugljena prašina na podu i oko kućišta za ulje dvostrukog ležišta mlina broj 4, oko pomoćne uljne pumpe i hladnjaka za hlađenje ulja za podmazivanje ležišta mlina broj 4“.

Požar je imao velike razmere. Pored paljenja i sagorevanja nataložene prašine, koja je bila u velikim količinama, vatrom su zahvaćeni kablovi duž kablovskih trasa do razvodnih limenih ormana, gde je zahvaćena i elektro oprema u njima. Sagorevanjem je stvorena visoka temperatura, pa je došlo do topljenja mekog Al–lima kojim je obložena toplotna izolacija kanala i cevovoda. Zahvaćena je i razdelna stanica tečnog goriva locirana uz zid na koti + 13,0 m, pa je došlo do oštećenja zaptivača na cevnim prirubnicama. Tako je isteklo i zaostalo tečno gorivo iz cevovoda, zapalilo se i sagorelo.

S obzirom da je u kotlovskom postrojenju bilo dosta nataložene prašine, posle zvaničnog utvrđivanja uzroka požara, na poziv kombinata Kostolac, predstavnici Rudarskog instituta, Beograd izvršili su uzorkovanje prašine koja je gorela u kotlarnici da bi ispitali:

- a) hemijski sastav nataložene prašine
- b) temperaturu tinjanja nataložene prašine
- c) temperaturu paljenja oblaka prašine u smeši prašina/vazduh
- d) granulometrijski sastav nataložene prašine
- e) eksplozivnost ugljene prašine.

Na bazi ovih ispitivanja trebalo je utvrditi kakve je promene pretrpela prašina u požaru i da li postoji mogućnost samoupale nataložene prašine i eventualne eksplozije, ako ona dođe u lebdeće stanje. Posebno je ispitivan uzorak koji sadrži naftu.

### Metodologija ispitivanja

Ispitivanja su izvršena prema sledećim metodologijama:

- a) kvalitet nataložene prašine:
  - sadržaj vlage prema JUS-u BiH 8.1/0
  - sadržaj pepela prema JUS-u BiH 8.3/0
  - sadržaj isparljivih materija prema JUS-u BiH 8.3/7

- b) temperatura paljenja nataložene prašine prema metodologiji Rudarskog instituta, Beograd.

Ova ispitivanja su vršena posebnim uređajem, čija se temperatura grejnog tela reguliše prema uslovima ispitivanja, promeni električnog otpora, a meri se termoelementom i milivoltmetrom. Na grejno telo počev od 200°C stavlja se uzorak ispitivane prašine visine 5 mm, i meri vreme pojave užarenog jezgra u trajanju od 0–120 min.

Ako se u ovim uslovima užareno jezgro ne pojavi, izvorna temperatura se povećava za 10°C a ogled se sukcesivno ponavlja, uz korišćenje istog uzorka, sve do pojave užarenja.

Ako se užareno jezgro ne pojavi ni na temperaturi od 450°C, za 120 minuta, nataložena prašina se smatra bezopasnom.

c) temperatura paljenja oblaka prašine u smeši prašina/vazduh

Za ocenu stepena zapaljivih osobina korišćena je Godberg Grandwaldova metoda određivanja tačke paljenja istraživanog uzorka u lebdećem stanju.

Ovo ispitivanje se danas smatra standardnim kod ispitivanja temperature paljenja prašine u lebdećem stanju.

Temperatura paljenja G-G označava minimalnu temperaturu izvora paljenja, koja je u stanju da kod momentalnog dodira upali smešu prašina/vazduh.

Princip ispitivanja sastoji se u tom, da se odredi najniža temperatura na kojoj se uz momentalan dodir prašina/vazduh zapali, odnosno počev od koje temperature treba računati na opasnost od paljenja prašine. Masa prašine varira od 0,25-1 g, a pritisak vazduha od 1,1 - 1,6 bara.

Prašina, kod koje je temperatura paljenja određena na ovaj način viša od 850°C, smatra se bezopasnom u pogledu zapaljivosti. Takvoj prašini potrebna je velika energija, da bi se postiglo paljenje.

d) Utvrđivanje granulometrijskog sastava vrši se analizom suvog prosejavanja sistema sa brojevima 0,025 do 0,071 po frakcijama (veličina otvora sita prema JUS-u L.19.00).

e) Utvrđivanje eksplozivnosti ugljene prašine vrši se prema predlogu JUS-a B.Z1.065. od 1984. godine.

#### Uzorkovanje nataložene prašine

Uzorkovanje nataložene prašine, koja je gorela, izvršeno je odmah posle gašenja požara i uviđaja nadležnog organa o njegovom uzorku 15.8.1986. godine.

Ispitivanjem uzetih uzoraka ustanovljeno je da su svi uzorci pokazali velike termičke promene,

odnosno sadržaj pepela bez vlage iznosio je od 47,28 do 93,27%. Da bi se izvršilo upoređenje uzorkovane prašine koja je gorela sa prašinom koja nastaje od uglja koji se koristi u kotlarnici TE Kostolac III, izvršeno je uzorkovanje prašine koja nije gorela i uzet reprezentativni uzorak uglja. Dopunsko uzorkovanje izvršeno je 26.8.1986. godine.

#### Rezultati istraživanja

##### a) Hemijski sastav nataložene prašine

Rezultati ispitivanja hemijskog sastava nataložene prašine dati su u tablici 1.

Ugljena prašina uzoraka od broja 1 do broja 10 pretrpela je velike promene u odnosu na njen prvobitni hemijski sastav, što se potvrđuje sledećim:

— sadržaj pepela u uzorcima bez vlage iznosi od 44,64 do 92,37%

— sadržaj vlage u uzorcima iznosi od 0,97 do 9,85 %; jedino je bio vlažniji uzorak broj 2 sa pada na koti 0,0 m, čija je vlaga iznosila 17,86 (u kome je bilo i prisustvo nafte).

Uzorci na višim kotama imali su vrlo mali sadržaj vlage.

— Sadržaj isparljivih materija bez vlage iznosi od 11,19 do 32,21%.

Ugljena prašina uzoraka od broja 11 do broja 15, koja nije pretrpela termičke promene, imala je sledeći hemijski sastav:

— sadržaj pepela u uzorcima bez vlage iznosi od 24,41 do 39,88%

— sadržaj vlage u uzorcima iznosi od 8,34 do 17,88%

— sadržaj isparljivih materija bez vlage iznosi od 35,65 do 41,56%.

Iz dobijenih rezultata se vidi da uzorci koji su pretrpeli termičke promene imaju veliku razliku u kvalitetu od uzoraka koji su uzeti u zonama izvan kotlarnice. Važno je i naglasiti, da uzorci prašine uzeti na višim kotama u kotlarnici imaju znatno više pepela od uzoraka ispod kote + 13,0 m, jer to je prašina koja je izbačena iz kotla kao delimično sagorela.

Prašina, uzeta od kote + 0,0 do kote + 13,0 m, pretrpela je velike promene u požaru i znatno se razlikuje od kvaliteta prašine uzete u zonama izvan požara.

Hemijske karakteristike nataložene prašine i uzoraka uglja sa vlagom i pepelom u analitičkom uzorku TE Kostolac III

Tablica 1

Broj uzorka	MESTO UZORKOVANJA	N A Z I V							Sagor.	N A P O M E N A
		Vlaga	Pepelo	Koks	C fix	Isparljiv.	UČEŠĆE U %			
1.	Mlin br. 1, kota + 0,0 m	4,68	45,07	63,11	18,04	32,21	50,25	prašina koja je gorela		
2.	Mlin br. 4, kota + 0,0 m i prisutna nafta	17,86	44,64	50,69	6,05	31,45	37,50	prašina koja je gorela		
3.	Mlin br. 4, sa elektromotora, kota + 6 m	4,77	46,81	63,35	17,54	31,88	49,42	prašina koja je gorela		
4.	Mlin br. 4, klapna hladnog vazduha, kota + 6 m	9,85	53,14	63,47	10,33	26,95	37,28	prašina koja je gorela		
5.	Gaziborno okno mlina br. 4, kota + 13,0 m	0,97	92,37	85,88	0,00	13,15	6,66	prašina koja je gorela		
6.	Podstanica za naftu, kota + 13 m	6,11	55,57	68,04	12,47	25,85	38,32	prašina koja je gorela		
7.	Pazuh kotla, kota + 40 m	2,02	74,25	80,31	6,06	17,67	23,73	prašina koja je gorela		
8.	Pazuh kotla, kota + 46 m	1,45	83,72	85,12	1,40	13,43	14,83	prašina koja je gorela		
9.	Front kotla, kota + 46 m	2,38	65,34	75,45	10,11	22,17	32,28	prašina koja je gorela		
10.	Front kotla, kota + 46 m	1,36	86,62	87,45	0,83	11,19	12,02	prašina koja je gorela		
11.	Podbunkerski deo, mesto drobljenja	17,88	25,76	43,41	17,65	38,71	56,36	prašina koja nije gorela		
12.	Ispod ventilacijskog sata	11,16	24,41	47,88	23,47	40,96	64,43	prašina koja nije gorela		
13.	Presipno mesto, kula D, T-3	13,55	33,13	48,24	15,11	38,21	53,32	prašina koja nije gorela		
14.	Presipno mesto iznad kotlovskih bunkera T-3	8,34	39,88	50,10	10,22	41,56	51,78	prašina koja nije gorela		
15.	Sa deponije - etalon	15,20	18,05	36,98	18,92	35,65	60,80	uglji sa deponije		

*b) Temperatura tinjanja nataložene prašine*

Rezultati ispitivanja temperature tinjanja nataložene ugljene prašine prikazani su u tablici 2.

*Opšti je zaključak da se nataložena prašina uglja koji se koristi u TE Kostolac III lako pali na povišenim temperaturama.*

Tablica 2

Broj uzorka	MESTO UZORKOVANJA U TE KOSTOLAC III	Temperatura tinjanja i paljenja uzorka (°C)	Temperatura tinjanja pri kojoj se uzorak ne pali (°C)
1.	Kota 0,0 m, kod mlina br. 1	290	280
2.	Kota 0,0 m, kod mlina br. 4 prisustvo nafte	230	220
3.	Kota + 6,0 m, sa kućišta elektromotora mlina br. 4	280	270
4.	Kota + 6,0 m, mlin br. 4 klapna hladnog vazduha	nema	nema
5.	Kota + 13,0 m, gaziborno okno mlina br. 4	nema	nema
6.	Kota + 13,0 m, podstanica za naftu	nema	nema
7.	Kota + 40,0 m, pazuh kotla	nema	nema
8.	Kota + 46,0 m, pazuh kotla	330	320
9.	Kota + 46,0 m, front kotla	310	300
10.	Kota + 46,0 m, front kotla	nema	nema
11.	Podbunkerski deo, mesto drobljenja	270	260
12.	Ispod vibracionog sita	270	260
13.	Presipno mesto, kula D i T-3	270	260
14.	Presipno mesto ispod kotlovskih bunkera, T-3	280	270

Prema rezultatima ispitivanja, utvrđeno je da se nataložena prašina uzorka br. 2, uzetog na koti + 0,0 m kod mlina br. 4, upali na relativno niskoj temperaturi od 230°C — za 15 minuta, znatno brže od ostalih uzoraka prašine, jer je u njemu bila prisutna nafta. Karakteristično je da se upalila prašina uzorka br. 1 na temperaturi od 290°C za 12 minuta, iako je sadržao samo 50,25% sagorive materije. Karakteristično je da se upalila prašina i uzorka br. 3 uzeta sa kućišta elektromotora mlina br. 4 na temperaturi od 280°C za 12 minuta približno za isto vreme i na istoj temperaturi (270°C) kao i prašina uzoraka br. 11, 12, 13 i 14.

*c) Temperatura paljenja oblaka prašine*

Rezultati ispitivanja temperature paljenja oblaka prašine prikazani su u tablici 3.

Prema rezultatima ispitivanja nataložena ugljena prašina smatra se teško zapaljivom.

Najniža temperatura paljenja utvrđena je kod uzorka br. 12—580°C, koji se takođe svrstava u teško zapaljive.

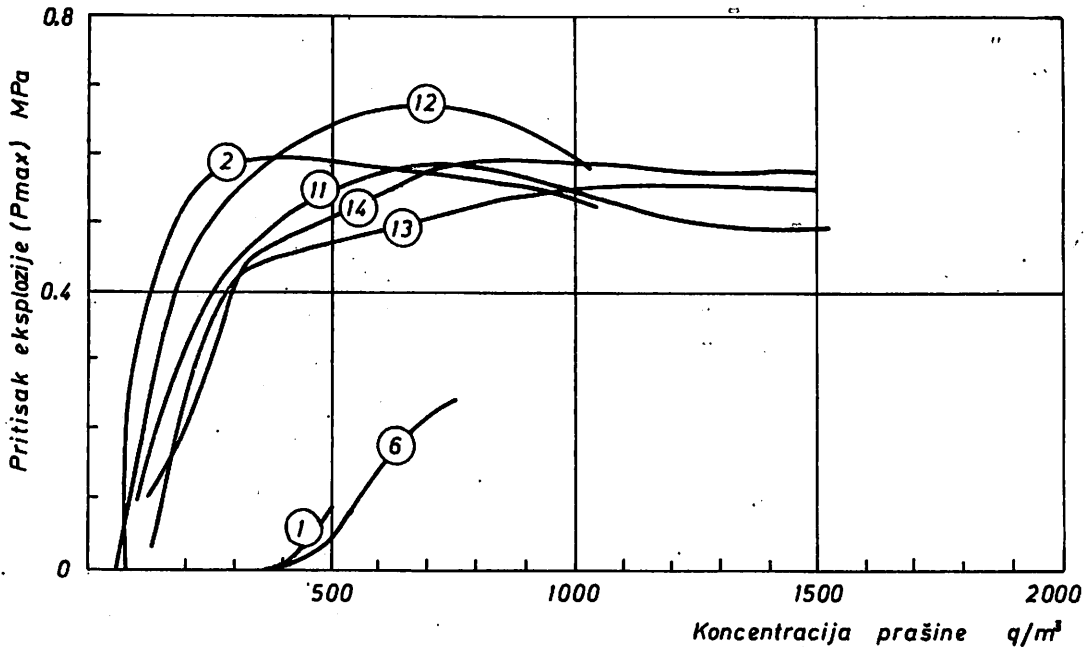
Karakteristično je da se prašina uzorka br. 2, u kome je utvrđeno prisustvo nafte, upalila na najnižoj temperaturi od ostalih uzoraka prašine uzetih iz kotlarnice. Temperatura paljenja oblaka prašine uzorka br. 2 bila je niža za 70°C. Uzorci prašine br. 5, 6, 7, 8, 9 i 10, nisu se zapalili na temperaturi ispod 850°C.

metrijskog sastava brzo i lako oksidiše, pali se i, ako su ispunjeni ostali uslovi (kvalitet, određena koncentracija i izvor paljenja), može da bude opasna i da dovede do eksplozije.

Ispitivani uzorci nataložene prašine imaju od 25,4 do 96,6% čestica manjih od 71 μm.

Tablica 3

Broj uzorka	MESTO UZIMANJA UZORAKA U TE KOSTOLAC III	Temperatura paljenja (°C)
1.	Kota 0,0 m, kod mlina br. 1	720
2.	Kota 0,0 m, kod mlina br. 4, prisustvo nafte	670
3.	Kota + 6,0 m, sa kućišta el. motora mlina br. 4	740
4.	Kota + 6,0 m, mlin br. 4 klapna hladnog vazduha	740
5.	Kota + 13,0 m, gaziborno okno mlina br. 4	
6.	Kota + 13,0 m, podstanica za naftu	ne pali se
7.	Kota + 40,0 m, pazuh kotla	ne pali se
8.	Kota + 46,0 m, pazuh kotla	ne pali se
9.	Kota + 46,0 m, front kotla	ne pali se
10.	Kota + 46,0 m, front kotla	ne pali se
11.	Podbunkerski deo, mesto drobljenja	720
12.	Ispod vibracionog sita	580
13.	Presipno mesto, kula D i T-3	670
14.	Presipno mesto ispod kotlovskih bunkera T-3	670



Sl. 1 - Dijagram maksimalnog pritiska eksplozije (MPa).

d) Granulometrijski sastav nataložene prašine

Rezultati ispitivanja granulometrijskog sastava nataložene prašine u TE Kostolac III, prikazani u tablici 4, pokazali su da je nataložena prašina vrlo fina. Prašina sa ovakvim karakteristikama granulo-

uzorci broj 4, 5, 6, 8, 11, 12 i 14 imaju učešće čestica manjih od 71 μm, između 74,5 i 96,6%, što predstavlja izrazito fino nataloženu prašinu.

Uzorci broj 1, 3, 7, 9, 10 i 13 imaju učešće čestica manjih od 71 μm između 25,4 do 69,5% što predstavlja grubo nataloženu prašinu.

Tablica 4

Granulo metrijski sastav nataložene prašine iz TE Kostolac III

Broj uzorka	OZNAKA UZORKA I MESTO UZORKOVANJA	Veličina zrna $\mu\text{m}$											O C E N A
		U Č E Š Ć E U %											
		3	4	5	6	7	8	9					
		-0,5 + +0,200	-0,200 + +0,090	-0,090 + +0,071	-0,071 + +0,063	-0,063	-0,071						
1.	Mlin br. 1, kota + 0,0 m	23,6	51,0	10,1	2,5	12,8	25,4						gruba prašina
2.	Mlin br. 4, sa elektromotora, kota + 6,0 m	23,5	52,9	10,2	2,1	11,3	26,6						gruba prašina
3.	Mlin br. 4, klapna hladnog vazduha, kota + 6 m	1,7	19,9	17,2	4,5	56,7	78,4						fina prašina
4.	Gaziborno okno mlina br. 4, kota + 13,0 m	0,5	3,4	20,6	27,0	48,5	96,6						fina prašina
5.	Podstanica za naftu, kota + 13,0 m	1,9	10,3	11,3	9,9	66,6	87,8						fina prašina
6.	Pazuh kotla, kota + 40,0 m	1,5	31,4	20,4	5,4	41,3	67,1						gruba prašina
7.	Pazuh kotla, kota + 46,0 m	0,9	24,6	16,0	4,1	54,4	74,5						fina prašina
8.	Front kotla, kota + 46,0 m	9,5	20,2	17,8	5,7	46,8	69,5						gruba prašina
9.	Front kotla, kota + 46,0 m	5,2	35,2	16,9	5,6	37,1	59,6						gruba prašina
10.	Podbunkerski deo, mesto drobljenja	5,4	12,6	16,6	7,2	58,2	82,0						fina prašina
11.	Ispod vibracionog sita	0,4	9,5	16,6	7,4	66,1	90,1						fina prašina
12.	Preispno mesto, kula D, T-3	7,7	28,5	17,1	2,7	44,0	46,7						gruba prašina
13.	Sa deponije — etalon	3,5	11,0	12,4	5,0	68,1	85,5						fina prašina

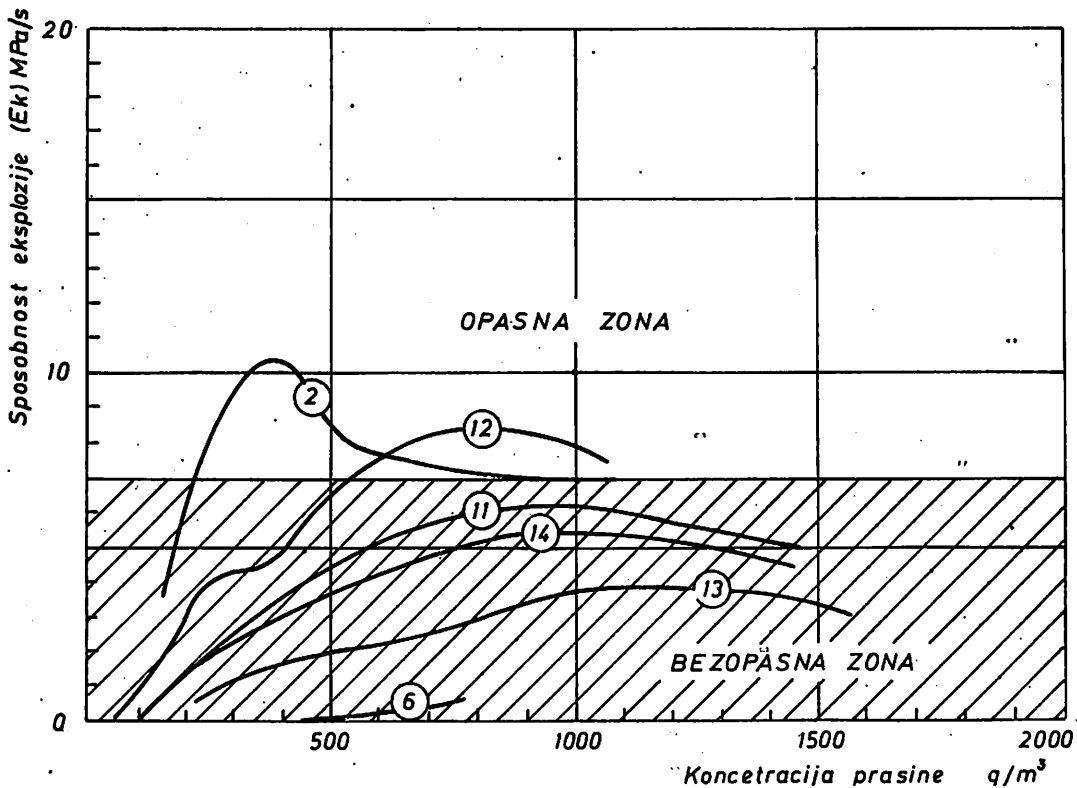
e) *Eksplozivnost nataložene prašine*

Ispitivanje eksplozivnih karakteristika izvršeno je na uzorcima br. 1, 2, 6, 11, 12, 13 i 14.

Detaljni rezultati ispitivanja prikazani su u tablici 5 i na dijagramima slike 1 i 2.

materije od 25,76 do 39,88 %. Na dijagramu sl. 3 obeležen je položaj tačaka brzine porasta pritiska eksplozije u zavisnosti od sadržaja pepela u uzorcima.

Uzorci nataložene prašine br. 1 i 6 nisu pokazali eksplozivne karakteristike.



Sl 2 – Dijagram maksimalnog porasta pritiska eksplozije (MPa).

Najveću eksplozivnost pokazala je nataložena prašina uzorka br. 2 sa kote 0,0 m, kod mlina br. 4, koji je sadržao naftu, iako je prašina bila gruba. Maksimalni porast brzine pritiska iznosio je 10,08 MPa/s.

Uzorak br. 12 ispod vibracionog sita takođe je pokazao visoki stepen eksplozivnosti. Maksimalni porast pritiska iznosio je 8,13 MPa/s. Uzorak nije prethodno pripreman već je ispitivana prirodno nataložena prašina.

Uzorci nataložene prašine br. 11, 13 i 14, prema dijagramu sl. 3, pokazali su eksplozivne karakteristike, iako imaju veliki sadržaj inertne

**Zaključak i predlog mera sigurnosti**

Nataložena ugljena prašina u kotlarnici TE Kostolac III, za vreme požara od 14.8.1986. godine, pretrpela je velike termičke promene, što pokazuju rezultati izvršenih istraživanja. Pepeeo je u prašini koja je gorela veći za 3,4 puta od one koja nije gorela.

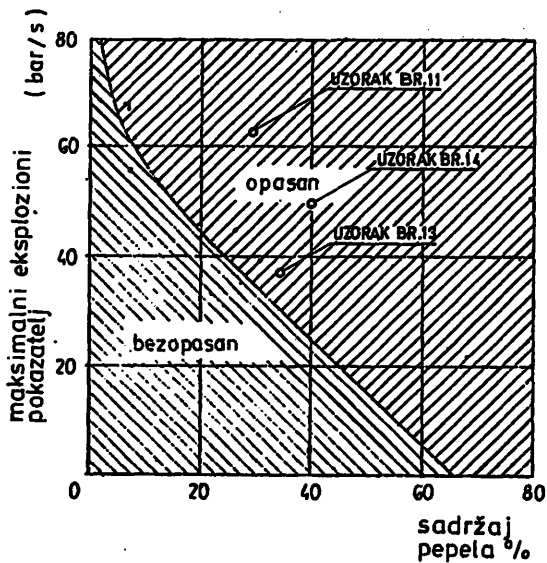
Temperatura tinjanja nataložene prašine je vrlo niska i uzorak br. 2 zapali se za kratko vreme na temperaturi od 230°C (uzorak sa sadržajem nafte), a uzorci koji nisu pretrpeli termičke promene pale se na temperaturi od 260°C.

Eksplozivne karakteristike ugljene prašine

Tablica 5

Broj uzoraka	Oznaka uzorka i mesto uzorkovanja	Eksplozivne koncentracije					Eksplozivne karakteristike			OCENA
		Minimalne	Maksimalne	Maksimalni pritisak	Maksimalni porast pritiska	P <sub>max</sub> MPa	E <sub>kmax</sub> MPa/s	6	7	
		g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>	g/m <sup>3</sup>					
1	2	3	4	5	6	7				
1.	Kota 0,0 m, kod mlina 1	—	—	1,21	0,23	nema eksplozije				
2.	Kota 0,0 m, kod mlina br. 4 (prisustvo nafte)	200,0	500,0	6,27	10,08	jaka eksplozija				
6.	Kota + 13,0 m podstanica za naftu	—	—	2,50	0,59	nema eksplozije				
11.	Podbunkarski deo, mesto drobljenja	250	750	5,98	6,27	eksplozivna				
12.	Ispod vibracionog sita	500	750	6,42	8,13	jaka eksplozija				
13.	Prisipno mesto, kula D i T-3	500	1000	5,46	3,85	eksplozivna				
14.	Prisipno mesto ispod kotlofskih bunkera T-3	375	1000	5,64	5,44	eksplozivna				





Sl. 3.— Granica samostalnog rasprostiranja eksplozije za prirodne ugljene prašine sa vrednostima medijane između 15 i 30 m prema kontrolnim ispitivanjima u posudi od 40 litara.

Temperatura paljenja oblaka nataložene prašine iznosi između 580°C i 720°C i ova prašina se svrstava u teško zapaljivu.

Prašina koja se stvara u sistemu pripreme i transporta u TE Kostolac III predstavlja fino

nataloženu prašinu kod uzoraka br. 4, 5, 6, 8, 11, 12 i 14 i kao takva ispunjava uslove potrebne za eksploataciju, ukoliko su ispunjeni i drugi uslovi za to.

Ispitivanja eksplozivnosti nataložene prašine prirodnih uzoraka, uzetih iz TE Kostolac III, pokazala su da je prašina eksplozivno opasna i da se moraju primeniti mere zaštite protiv eksplozije, jer u određenim situacijama može doći do eksplozije.

Da bi se obezbedio siguran rad pogona neophodno je preduzeti sledeće mere:

- izvršiti ispitivanja intenziteta stvaranja i izdvajanja prašine na svim izvorima
- u zavisnosti od intenziteta izdvajanja prašine utvrditi vremenski faktor rizika taloženja prašine u opasnim koncentracijama
- na osnovu utvrđenog faktora rizika po izvorima izraditi i sprovesti tehnička rešenja za smanjenje intenziteta izdvajanja prašine
- izraditi tehnička uputstva kontrole stanja zaprašenosti i funkcionalnosti opreme i uređaja za otpušivanje
- za prašinu koja se izdvaja i taloži u prostorijama TE Kostolac III su data tehnička rešenja za uklanjanje.

#### SUMMARY

##### Determination of Explosive and Inflammable Properties of Deposited Coal Dust after the Fire in Power generating Plant Kostolac III

In Power Generating Plant Kostolac III a large extent fire occurred on 14. August 1986 in the boiler house on level ±0,00 m, caused by ignition of deposited coal dust.

The paper deals with determination of explosive and self-flammability properties of deposited coal dust burnt in the fire and the results were compared with deposited dust not caught by the fire.

According to test results the burning deposited dust underwent high thermal alterations, while the fresh one is highly inflammable and explosion dangerous.

Proposed are protective preventive measures to be carried out in order to secure safe operation and fire protection.

## ZUSAMMENFASSUNG

### Feststellung von Explosions— und Brenncharakteristiken von Abgesetzten Kohlenstaub nach dem Brand im Thermokraftwerk Kostolac III

Am 14. August 1986 kam im Thermokraftwerk Kostolac im Kesselhaus auf Kote  $\pm 0,00$  m zum Brand grosser Ausmassen, verursacht durch Anbrennen vom abgesetzten Kohlenstaub.

Im Artikel wird das Festlegen von Explosions— und selbstbrennender Charakteristiken des abgesetzten Kohlenstaubes im Brand behandelt und die Ergebnisse werden mit dem abgesetzten Kohlenstaub, der nicht vom Feuer ergriffen, verglichen.

Nach den Forschungsergebnissen des abgesetzten Kohlenstaubes im Brand, zeigte dieser grosse thermische Veränderungen, der frischer ist aber bei erhöhten Temperaturen sehr brennbar und explosionsgefährlich.

Es wurden auch vorbeugende Schutzmassnahmen vorgeschlagen, die wegen der Gewahrung einer sicheren Arbeit und des Brandschutzes zu beachten sind.

## РЕЗЮМЕ

### Установление взрывоопасных и воспламеняющихся характеристин осадочной угольной пыли после пожара на ТЭ Ностолац III

На ТЭ Ностолац 14. 8. 1986 года возник пожар больших размеров в котельной на отметке  $\pm 0,00$  м., вызванный воспламенением осадочной угольной пыли.

В статье обрабатывается установление взрывоопасных и самовоспламеняющихся характеристик осадочной угольной пыли, которая горела и результаты сравниваются с осадочной пылью, не охваченной пожаром.

Согласно результатам испытаний, горевшая осадочная пыль, вынесла большие термические изменения, а свежая легко воспламеняется на повышенных температурах и взрывоопасная.

Предложены и предупредительные мероприятия защиты, которые необходимо осуществить ради обеспечения недонной работы и защиты от пожара.

Autori: dr inž. Aleksandar Ćurčić i dr Branka Vukanović, dipl.hem. Zavod za ventilaciju i tehničku zaštitu u Rudarskom institutu, Beograd

Recenzent: prof. dr.inž. V.Jovičić, Rudarsko—geološki fakultet, Beograd

Članak primljen 2,3,1987, prihvaćen 17,3,1987.

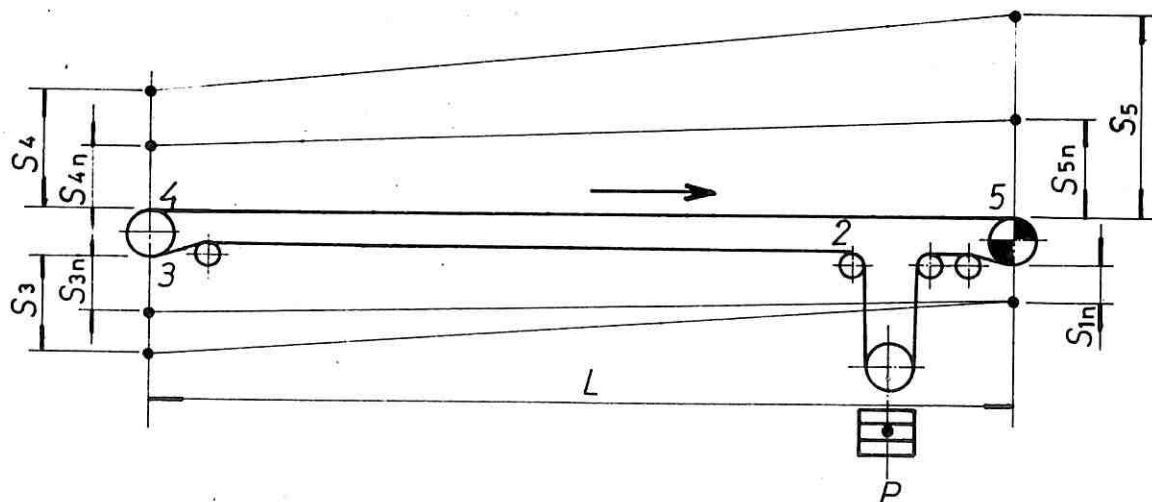
## DINAMIČKI USLOVI ZA PUŠTANJE U RAD TRAKASTIH TRANSPORTERA SA IZBOROM ZATEZNOG SISTEMA

(sa 5 slika)

Dipl.inž. Ljubomir Čolić

Puštanje u rad i zaustavljanje transportera predstavlja jedan nestacionarni proces kada u traci pored statičkih nastaju i dopunske sile zbog promena brzine trake, tzv. dinamičke sile. Ove se algebarski sabiraju sa statičkim te izazivaju promenu zateznih sila na pogonskom bubnju što može dovesti, zavisno od veličina tih sila, do povremenog ili potpunog klizanja trake na pogonskom dobošu. Ovo proklizavanje izaziva habanje trake i obloge bubnja, kao i naglog pada veličine vučnog faktora, što ne samo otežava zalet trake, već može onemogućiti normalan rad transportera.

Treba imati u vidu da dinamičke sile nisu tako velike da bi ih trebalo uzimati u obzir u proračunu čvrstoće trake, jer je stepen sigurnosti tako velik, da su naprezanja znatno ispod dopuštenih. Eventualno, one bi mogle uticati na lošije izvedene spojeve i bitno oštećena mesta, ako se ne vodi računa o ovim dinamičkim pojavama. Zato je osnovni cilj analize dinamičkih pojava sprečavanje proklizavanja trake u periodu puštanja u rad i zaustavljanja transportera, odnosno obezbeđenje njegovog mirnog i stabilnog rada uz maksimalno povećanje veka gumene trake.



Sl. 1 – „Računska“ šema transportera sa konstantnom zateznom silom.

Na promenu naponskih stanja u traci pri puštanju u rad „deluje“ niz parametara čije veličine nisu mogle biti tačno utvrđene, jer je i njihova veličina veoma raznolika i pojava odnosno uticaj slučajan. Ovi parametri se mere na mašinama u radu, a u literaturi se mogu naći veoma različiti podaci. Radi toga je teško definisati egzaktni proračun, pa se za praksu moraju usvojiti neka uprošćenja, koja omogućuju dobijanje pogodnih metoda i zadovoljavajućih rezultata za praktičnu primenu.

Zatezni uređaji mogu biti čvrsti, sa konstantnom zateznom silom (obično sa tegom) i automatski, sa podešavanjem jednog, dva ili više parametara u toku puštanja u rad i stacionarnog režima. Čvrsti zatezni uređaji se primenjuju kod relativno kratkih transportera, pa neće ni biti razmatrani.

Osnovna uprošćenja su, da je ubrzanje pogonskog bubnja konstantno u periodu puštanja transportera u rad, da su mase pokretnih delova nosećeg i povratnog ogranka konstantne, da se uzima u obzir statički modul elastičnosti trake (a ne dinamički) i da je otpor kretanju na nosećem i povratnom ogranaku trake konstantan vremenski i duž trase transportera.

Na sl. 1 prikazana je „računska“ šema transportera sa konstantnom zateznom silom (tegom), koji je u opštem slučaju pod nagibom.

Veličine koje su poznate:

$L$ [m]	– dužina transportera
$\beta$ [°]	– ugao nagiba
$\rho_n$ i $\rho_p$ $\left  \frac{\text{kg s}^2}{\text{m}} \right $	– specifična masa pokretnih delova na nosećem i povratnom ogranaku
$m$ $\left  \frac{\text{kg s}^2}{\text{m}} \right $	– masa pokretnih delova pogonske mašine redukovane na obim pogonskog bubnja
$E$ $\left  \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \right $	– statički modul elastičnosti trake
$B$ [cm]	– širina trake
$i$ [kom]	– broj uložaka
$v_n$ $\left  \frac{\text{m}}{\text{s}} \right $	– nominalna brzina trake
$F_{1-3}$ i $F_{4-5}$ [kN]	– zatezne sile u nosećem i povratnom ogranaku trake

$F_0$ [kN]	– vučna sila na pogonskom bubnju pri stacionarnom kretanju trake
$d_n$ i $d_p$ $\left  \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right $	– gradijenti zatezne sile pre puštanja u rad za noseći i povratni ogranak trake
$a_{tr}$ i $a_{zal}$ $\left  \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right $	– ubrzanje bubnja u fazi trzaja i fazi zaleta i
$\eta$ [–]	– koeficijent kor. dejstva pogona.

Cilj je da se odredi težina  $P$  zateznog uređaja uz uslov eliminacije proklizavanja trake pri puštanju u rad, kao i  $v_{t \max}$  – najveća brzina spuštanja tega:  $t_p$  [s] – vreme spuštanja i  $S$  [kN] – zatezna sila u traci u stacionarnom režimu rada.

Kada se traka pokrene, sve do postizanja stacionarne brzine, mogu se uočiti dve faze:

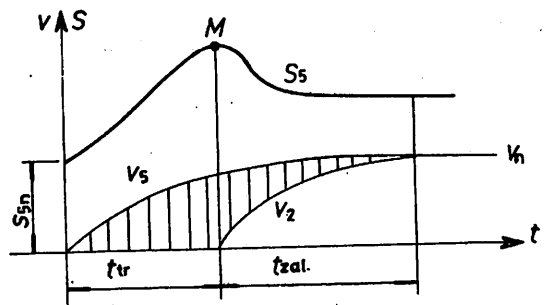
- a) faza trzaja i
- b) faza zaleta

U prvoj fazi, posmatrajući traku kao elastičnu nit, naponski talas se kreće od tačke 5 preko tačaka 4 i 3 do tačke 2. Pogonski bubanj se za to vreme okreće, traku koja se odmotava sa njega prihvata zatezni uređaj čiji se teg spušta, a tačka 2 je nepokretna sve dok naponski talas ne stigne do nje.

U drugoj fazi cela traka je u pokretu i ubrjava se do nominalne vrednosti brzine.

Zatezna sila  $S_5$  se u toku obe faze menja od početne vrednosti  $S_{5n}$  – sile u traci pre pokretanja, do sile  $S_5$  – sile u traci pri stacionarnom režimu rada.

Prikaz promena brzina i sila dat je na sl. 2.



Sl. 2 – Prikaz promena brzina i sila.

Ordinate šrafirane površine daju razliku brzina  $v_5$  i  $v_2$ , tačka 5 i 2 transporterata prema šemi na sl. 1, tj. brzinu kojom zatezni uređaj treba da primi odmotanu traku sa pogonskog bubnja, a vremena  $t_{tr}$  i  $t_{zal}$ .  $|s|$  — pokazuju trajanje dveju faza. Najveća vrednost zatezne sile  $S_5$ , brzine prihvatanja trake na zateznom bubnju, a time i najveća opasnost proklizavanja trake, javljaju se na kraju prve faze i one su merodavne, dok druga faza samo određuje ukupno vreme trajanja procesa puštanja u rad transporterata.

Faza trzaja:

Za neko vreme  $t$  [s], čelo talasa A (sl. 3) pomeriće se na udaljenost

$$x = b_p \cdot t \text{ [m]} \quad (1)$$

gde je:

$b_p$  [m/s] — srednja brzina prostiranja talasa

$$F_{st} = x \cdot f \quad (5)$$

gde je „f” — gradijent statičkih zateznih sila pri stacionarnom kretanju trake, tj.

$$f = \frac{S_5 - S_4}{L} = \frac{F_{4,5}}{L} \text{ [kN/m]} \quad (6)$$

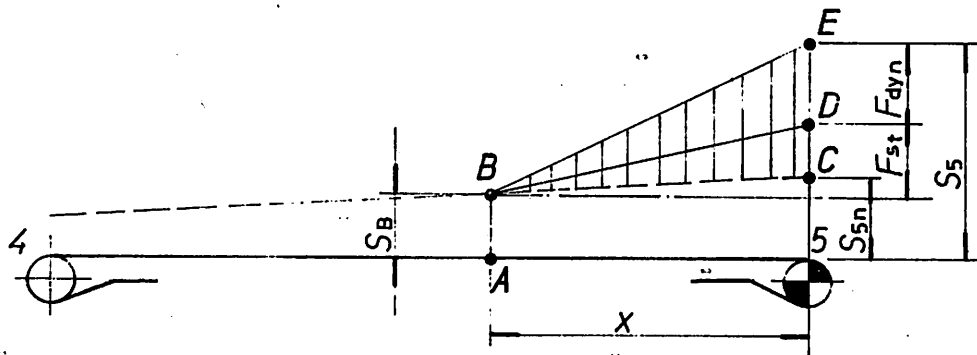
Po teoremi impulsa, dinamička sila za zalet odsečka trake dužine „x” je:

$$F_{dyn} = \frac{d(m \cdot v)}{d_t} \quad (7)$$

gde je  $d(m \cdot v)$  prirast količine kretanja odsečka trake dužine „x” za vreme  $d_t$ .

Za vreme ( $d_t$ ) čelo talasa pokrenuće se za  $d_x$  (sl. 4a)

Ako se uzme da se brzina trake kao funkcija rastojanja ne menja u vremenu, može se pomeriti



Sl. 3 — Veličina sila i udaljenost čela talasa.

Na čelu talasa zatezna sila u traci je:

$$S_B = S_{5n} - x \cdot d_n \quad (2)$$

gde je:

$d_n$  — gradijent zatezne sile u traci pre njenog puštanja u rad, tj.

$$d_n = \frac{S_{5n} - S_{4n}}{L} \text{ [kN/m]} \quad (3)$$

a sile  $S_{5n}$  i  $S_{4n}$  su zatezne sile u traci u tačkama 5 i 4 pre puštanja u rad (sl. 1)

Sada je:

$$S_5 = S_B + F_{st} + F_{dyn} \quad (4)$$

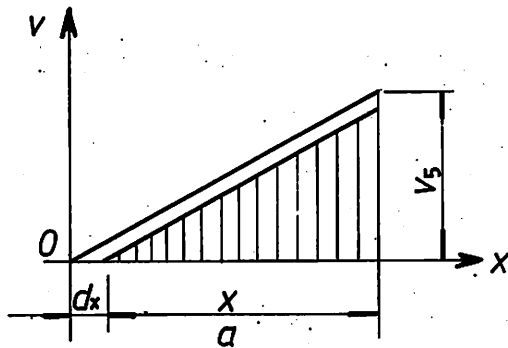
šrafirana površina ulevo do koordinatnog početka, pa se dobija slika 4b. Na delu dužine „x” količina kretanja za vreme ( $d_t$ ) nije se izmenila. Ona se izmenila samo na delu ( $d_x$ ), tj.:

$$d(m \cdot v) = v_s \cdot d_m = v_s \cdot \rho_n \cdot d_x = v_s \cdot \rho_n \cdot b_p \cdot d_t \quad (8)$$

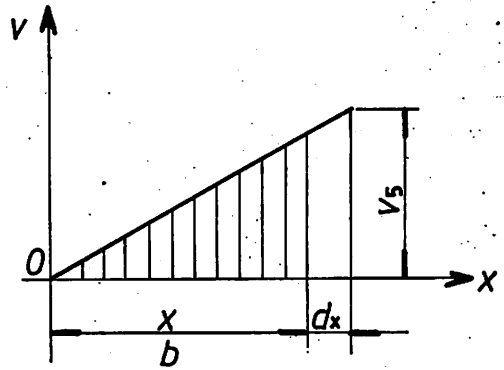
ako se izraz (8) zameni u (7), dobija se:

$$F_{dyn} = \frac{d(m \cdot v)}{d_t} = \frac{v_s \cdot \rho_n \cdot b_p \cdot d_t}{d_t} = v_s \cdot \rho_n \cdot b_p \quad (9)$$

tj. dinamička komponenta zatezne sile proporcionalna je brzini trake u tački 5, odnosno u tački nailaska trake na pogonski bubanj.



Sl. 4.



Sl. 4a

Ako se ove vrednosti unesu u izraz (4), dobija se:

$$S_5 = S_{5n} + x(f - d_p) + v_s \cdot \rho_n \cdot b_p = S_{5n} + b_p \cdot t(f - d_p) + a_{tr} \cdot t \cdot \rho_n \cdot b_p \quad (10)$$

Veličina ( $b_p$ ) može se odrediti na sledeći način:

Neka izduženje trake na dužini odsečka „ $x$ “ (sl. 3) u odnosu na stanje pre puštanja u rad iznosi „ $y$ “, srednje relativno izduženje je tada:

$$\epsilon_{sr} = \frac{y}{x}$$

Ako se kao uprošćenje usvoji, da se relativno izduženje menja linearno, njegova vrednost u tački 5 biće:

$$\epsilon_s = 2\epsilon_{sr} = \frac{2y}{x}$$

Pošto je ranije usvojeno da se traka u tački 5 kreće jednako ubrzano, biće:

$$y = \frac{a_{tr} \cdot t^2}{2}, \text{ pa je}$$

$$\epsilon_s = \frac{2y}{x} = \frac{2a_{tr} \cdot t^2}{2x} = \frac{a_{tr} \cdot t}{b_p} \quad (11)$$

jer je  $b_p = \frac{x}{t}$  prema izrazu (1)

Izvod relativnog izduženja po vremenu je:

$$\dot{\epsilon}_s = \frac{a_{tr}}{b_p} \quad (12)$$

Izvod zatezne sile po vremenu je u tački 5 iz izraza (10):

$$\dot{\sigma}_s = \frac{dS_5}{dt} \frac{1}{B \cdot i} = \frac{b_p(f - d) + a_{tr} \cdot \rho_n \cdot b_p}{B \cdot i} \quad (13)$$

Zatezna sila u tački 5 ima vrednost:

$$S_5 = S_{5n} + \Delta S \quad (14)$$

gde je:  $\Delta S$  – priraštaj sile u odnosu na zateznu silu  $S_{5n}$  pre puštanja u rad

Ako se sa realnog stanovišta transportna traka smatra telom TOMSONA – POINTINGA, priraštaj napona je dat izrazom:

$$\Delta \sigma = E(\epsilon_s + k\dot{\epsilon}_s - n \cdot \dot{\sigma}_s) \quad (15)$$

i saglasno sa tim, priraštaj sile je:

$$\Delta S = \Delta \sigma \cdot B \cdot i = S_0(\epsilon_s + k \cdot \dot{\epsilon}_s - n \cdot \dot{\sigma}_s) \quad (16)$$

gde je  $S_0$  – tzv. agregatna čvrstoća trake koja je jednaka

$$S_0 = E \cdot B \cdot i \quad (17)$$

Zamenom u izrazu (14) vrednosti  $S_5$  iz (10),  $S$  (iz 16),  $\epsilon_s$ ,  $\dot{\epsilon}_s$  i  $\dot{\sigma}_s$  izrazima iz (11), (12) i (13), dobija se:

$$b_p = \frac{S \cdot \frac{1 + \frac{k}{t}}{1 + \frac{En}{t}}}{\rho_n + \frac{f-d}{a_{tr}}} = \frac{S_0 \text{ dyn}}{\rho_n + \frac{f-d}{a_{tr}}} \left| \frac{m}{s} \right| \quad (18)$$

gde je:  $S_{o\ dyn}$  — dinamička jačina trake jednaka:

$$S_{o\ dyn} = K_{dyn} \cdot S_o \quad (19)$$

$$K_{dyn} = \frac{1 + \frac{k}{t}}{1 + \frac{E \cdot n}{t}} \quad (20)$$

Po pravilu, faza trzaja ne traje više od  $(5 \div 10)$  sekundi.

Na primeru trake sa poliamidnim ulošcima može se uočiti  $K_{dyn}$  (po izrazu 20). Za nju je  $E = 610 \text{ daN/sm}$ ,  $k = 47 \text{ s}$ ,  $\eta = 0,021 \text{ sm s/daN}$ . Za  $t = 3; 5$  i  $10 \text{ s}$ , dobija se  $K_{dyn} = 3; 2,8$  i  $2,4$ .

Strogo uzevši  $K_{dyn}$  (po izrazu 20) nije stalna vrednost, ali za  $t < 10 \text{ s}$  može se u prvom pristupu smatrati konstantnom, pa se zato može odrediti i  $b_p$  (po 18) za stalnu dinamičku jačinu trake  $S_{o\ dyn}$  (po 19). Ako je vrednost  $S_{o\ dyn}$  konstantna,  $b_p$  će zavisiti od ubrzanja  $a_{tr}$  i od razlike gradijenata ( $f$  ( $b_p$ )), statičkih zateznih sila i zatezanja pred puštanje u rad.

Prilikom laboratorijskih ispitivanja,  $S_{o\ dyn}$  po izrazu (18) daje rezultate u granicama  $\pm 7\%$  do stvarnih, što čini ovaj izraz vrlo, prihvatljivim.

Ako se naponski talas prostire po već pokrenutoj traci, gradijent statičkih naprezanja posle prelaska talasa i do njegovog dolaska u neku tačku jednak je nuli, tj.  $f - (d_p) = 0$ , pa će izraz (18) preći u prostiji oblik:

$$b_p = \frac{S_{o\ dyn}}{\rho_n} \left| \frac{m}{s} \right| \quad (21)$$

Upoređenjem izraza (18) i (20) objašnjava i konstatovanu pojavu da je brzina prostiranja talasa u fazi trzaja manja nego u fazi zaleta.

Izraz (10) važi do trenutka prispeća pogonskog talasa u tačku (4) — sl. 1. Talas se potom delimično vraća nazad od tač. 4 prema tač. 5, a delimično prelazi na povratni ogranak, nastaje promena procesa kretanja naponskog talasa. Da bi bilo jednostavnije, uzeće se da i posle prispeća talasa u tačku 4, zatezna sila  $S_5$  može da se nađe po izrazu (10):

Vreme trzaja je:

$$t_{tr} = t_n + t_p = \frac{L}{b_p} + \frac{L}{b_{po}} \quad |s| \quad (22)$$

gde su:

$t_n$  i  $b_p$  — vreme kretanja i srednja brzina kretanja naponskog talasa na vučnom ogranaku  
 $t_p$  i  $b_{po}$  — isto na povratnom ogranaku.

Periferna brzina pogonskog bubnja na kraju faze trzaja je:

$$v_{tr} = t_{tr} \cdot a_{tr} \quad \left| \frac{m}{s} \right| \quad (23)$$

Trajanje faze zaleta (uz usvojenu pretpostavku da se traka kreće jednako ubrzano sa ubrzanjem ( $a_{zal.}$ )), biće:

$$t_{zal.} = \frac{v_n - v_{tr}}{a_{zal.}} \quad |s| \quad (24)$$

Vučna sila na pogonskom bubnju na kraju faze zaleta je:

$$F_{o\ max} = S_{s\ max} - S_1 \quad (25)$$

$S_{s\ max}$  se dobija iz izraza (4).

Na kraju faze trzaja je  $S_b = S_1$ , pa je  $F_{sr} = F_o$ ;  
 $a_{F_{dyn}} = v_{tr} \cdot \rho_n \cdot b_p$

$$F_{o\ max} = F_o + v_{tr} \cdot \rho_n \cdot b_p \quad (26)$$

Kada se zna  $F_{o\ max}$ , nalazi se  $S_{tr}$  — najmanja dopuštena sila zatezanja silaznog ogranaka iz uslova trenja (po izrazu Eulera). Ako se usvoji da je  $S_1 = S_{tr}$ , težina tega zateznog uređaja je:

$$P = 2S_1 = 2S_{tr} \quad (27)$$

Najveća zatezna sila u traci je:

$$S_{s\ max} = S_1 + F_{o\ max} \quad (28)$$

Zatezne sile u traci pri stacionarnom režimu rada (za slučaj po sl. 1), nalaze se metodom „po konturi“, pa je:

$$S_3 = S_1 + F_{1-3}; S_4 \approx S_3; S_5 = S_4 + F_{4-5} \quad (29)$$

Najveća brzina tega, uzimajući u obzir da je tačka 2 nepokretna, biće:

$$v_{t\ max} = 0,5 V_{tr} \quad (30)$$

Hod tega je proporcionalan šrafiranoj površini na sl. 2. Kako su površine levo i desno od prave NM približno jednake, a leva strana predstavlja praktično trougao, hod je jednak:

$$\mu_t = 2 \left| \frac{v_{tr} \cdot v_{tmax}}{2} \right| \cdot K_H = \frac{K_H \cdot t_r \cdot v_{tr}}{2} \quad |m| \quad (31)$$

gde se ( $K_H$ ) može uzeti oko  $0.6 \div 0.8$ , a ovaj koeficijent uzima u obzir odstupanja i uprošćenja u do sada datim izrazima.

Opšti način proračunavanja sastoji se u sledećem:

- svi parametri se određuju za puštanje transportera u rad pod najvećim opterećenjem
- iz (18) se nalaze vrednosti  $b_p$  i  $b_{p0}$
- iz (22) se određuje  $t_{tp}$ ; a iz (23)  $v_{tr}$
- iz (26) se određuje  $F_{o max}$  i potom iznalazi minimalna zatezna sila  $S_{tr}$  koristeći poznati Euler-ov obrazac
- iz (27) se nalazi veličina (sile) tega „P”, a iz (28) najveća zatezna sila u nailaznoj tački  $S_{s max}$
- potom se definišu sile u tačkama konture trake iz (29)
- iz (30) nalazi se brzina tega  $v_t max$ , iz (31) hod tega.

Potom se utvrđuje potrebna karakteristična metoda i vrši konačan njen izbor.

Kod uobičajenih trasa nije potrebno vršiti proveru puštanja na prazno, ako je zatezni uređaj sa tegom.

Poseban interes predstavlja veličina gradijenta zatezne sile u traci pre puštanja u rad ( $d_n$ ), koji se određuje po izrazu (3).

Prirodno je da za horizontalnu trasu transportera gradijent ( $d_n$ ) zavisi od režima zaustavljanja odnosno kočenja, jer se on praktično menja kod svakog puštanja u rad zbog promenljivosti režima kočenja. Međutim, može se bez velike greške usvojiti, da je za horizontalnu trasu  $d_n = 0$ , jer su stvarne vrednosti  $d_n$  relativno male. Ove vrednosti se mogu obuhvatiti popravnim koeficijentom koji je oko  $0,3 F_o$ , tj. 30% od statičke vučne sile.

Za kose transportere, pred puštanje u rad zatezne sile se praktično ne razlikuju od zateznih sila pri stacionarnom režimu rada, pa je zato  $d_n \sim f$ . Za njih se brzina prostiranja talasa nalazi iz (21), pa je i:

$$S_{Sn} - S_{ln} = F_o$$

Ako se za transporter po šemi na sl. 1 zatezni bubanj ne optereti tegom, nego automatskim

uređajem koji ostvaruje  $P = const.$  u toku celog perioda puštanja u rad, problem se svodi na isto. Treba zato odrediti najveću brzinu užeta  $v_{u max}$  i  $N_{zat}$ . – snagu motora zateznog uređaja koji je na kolicima ili uobičajenim sistemom koturača.  $v_{u max}$  se nalazi iz izraza (3) i sila iz (27). Vučna sila motora zatezne stanice redukovana na prečnik doboša za namotavanje užeta je:

$$F_{zat} = \frac{P + 0,5 a_{tr} \cdot m_{zat}}{\eta} \quad (32)$$

gde je:

$m_{zat}$  – masa pogonskih elemenata zatezne stanice redukovana na prečnik doboša  
 $\eta$  – hod mehanizma zatezne stanice

Snaga motora je data izrazom:

$$N_{zat} = \frac{F_{zat} \cdot v_{u max} \cdot K}{100} \quad |kW| \quad (33)$$

gde je:

$K_p$  – koeficijent režima koji posebno treba utvrditi za izabrani motor.

Opšti tok proračuna je identičan prethodnim, samo što kod transportera sa ovakvim zateznim uređajem treba ispitati i puštanje na prazno.

Naime, zbog karakteristika motora definisanih za puštanje u rad pod najvećim opterećenjem, puštanje na prazno će biti sa većim ubrzanjima, brzina bubnja će na kraju faze trzaja biti veća i zbog toga zatezni uređaj može da ne „prihvati” traku koja silazi sa bubnja u tački 1 (sl. 1). Radi toga se traka „gužva” na povratnom ogranku, što izaziva proklizavanja i udare na pogonu sa velikim dinamičkim dejstvom po celu konstrukciju.

Za normalno puštanje u rad, kod oba slučaja brzina trake u tački „1” na kraju faze trzaja treba da bude jednaka, što se može postići – ako je to potrebno – promenom karakteristike motora ugradnjom sistema automatske regulacije, čime se zadržava konstantno ubrzanje bubnja bez obzira na opterećenje transportera.

Radi kontrole uticaja ubrzanja u fazi trzaja izvršen je proračun za transporter dužine 900 m i širine trake  $B = 1200$  mm, za zatezni uređaj koji automatski održava  $P = const.$  Već za  $a_{tr} > 0,1$  m/s<sup>2</sup> potrebna snaga motora zateznog uređaja naglo raste i kod  $a_{tr} = 0,5$  m/s<sup>2</sup> naraste do



vrednosti instalisane snage za pogon, a zatezna sila  $S_{max}$  je dva (2) puta veća uz glomazniju konstrukciju i zateznog uređaja i potrebe za jačom trakom. Zato se može zaključiti da je ovakav sistem zatezanja veoma nepogodan.

Bolji je zatezni uređaj koji održava dve vrednosti zatezanja: za puštanje u rad i za stacionarno kretanje, jer kod stacionarnog kretanja traka nije zategnuta nepotrebno velikim silama.

Iz ovog kratkog razmatranja se vidi, u kojoj mери je važno da se za magistralne transportere izvrši analiza puštanja u rad i na osnovu toga odabere adekvatan zatezni uređaj sa  $P = const.$  ili automatskim podešavanjem sile prateći bar dva, a može i više parametara, što zavisi od ovde navedenih faktora. Od pravilne analize za konkretnu traku i opterećenje zavise u krajnjoj liniji cena transportera (posebno cena trake), pouzdanost u radu, vek trake i eksploatacioni troškovi.

#### SUMMARY

##### Conveyor Beld Dynamics during Start-up and Tensioning System Selection

The paper deals important issues regarding the way of determination of the dynamic forces acting during the start-up of the rubber belt conveyer as well as the tensioning system selection.

This analysis should contribute to the reliability of the conveyer belt. It should provide a longer life of the belt, lower exploitation costs and lower operation costs of the conveyer belts.

#### ZUSAMMENFASSUNG

##### Fördererdynamik bei der Inbetriebnahme und Auswahl von Spannsystem

Im Artikel wurden die wesentlichen Fragen über die Bestimmungsart von dynamischer Kräfte bei der Inbetriebnahme der Förderer mit Gummiband sowie auch die Auswahl des Systems der Spannanlage behandelt.

Diese Analyse soll einen Beitrag zur Zuverlässigkeit der Arbeit des Förderer darstellen. Damit soll gleichzeitig auch eine längere Lebensdauer des Bandes, geringere Arbeitskosten und niedrigere Betriebskosten in der Arbeit mit Förderbänder gewährleistet sein.

#### РЕЗЮМЕ

Динамические условия при вводе в действие транспортера с резиновой лентой и выбор натяжной системы

В статье третируются важные вопросы о способе определения динамических сил при вводе в действие транспортера с резиновой лентой, а также и выбор натяжного устройства системы.

Настоящий анализ должен быть вкладом надежности работы транспортера. Он должен обеспечить долгосрочную службу ленты, более низкие эксплуатационные расходы и более низкие цены работы транспортных лент.

Autor: dipl.inž. Ljubomir Čolić, Zavod za projektovanje i konstruisanje u Rudarskom Institutu, Beograd

Recenzent: dipl.inž. M. Novaković, Rudarski Institut, Beograd

Статья примљена 17.2.1987, прихваћена 17.3.1987.

## PRORAČUN STABILNOSTI KOSINE METODOM KONAČNIH ELEMENATA ZA DATO POLJE NAPONA I DATO POLJE PIJEZOMETARSKIH NIVOVA

(sa 2 slike)

Mr inž. Jovan Vujić

U savremenim uslovima koji zahtevaju sve dublje kopove, a sirovine su sve siromašnije, postavljaju se sve oštriji zahtevi u pogledu stabilnosti kosina na površinskim otkopima. Tu se javljaju dva oprečna zahvata. Sa gledišta ekonomije rudnika, poželjno je da kosine otkopa kao i jalovišta budu što strmiji. Na taj način kopa se manje jalovine, odložena jalovina zauzima manji prostor, te su i troškovi otkupa zemljišta i drugih objekata manji. Sa druge strane, zbog sigurnosti raznih objekata i ljudi zahteva se da kosine otkopa i jalovišta budu što blaže. Iz tog razloga nauka je uvela u upotrebu više raznih načina izračunavanja koeficijenta stabilnosti kosine, koji se zasnivaju na raznim pretpostavkama i aproksimacijama i manje ili više uspešno daju numeričku vrednost koeficijenta stabilnosti. U zadnje dve decenije, zahvaljujući upotrebi računara, razvile su se vrlo složene tehnike za proračun stabilnosti kosina, koje uzimaju sve moguće parametre u obzir, tako da dobijamo stanje vrlo blizu realnom. Najnovija metoda za proračun koeficijenta stabilnosti je metoda konačnih elemenata primenjena na proračun stabilnosti kosina. Metoda se sastoji iz dve etape. U prvoj etapi se izvrši proračun napona u oblasti date kosine. Da bi se izvršio dati proračun, oblast kosine se izdela u konačne elemente, zatim se zadaju granični uslovi i usvoje geometričke osobine za svaki elemenat. U ovoj fazi se, takođe, mogu uzeti u obzir i razne dodatne sile. Fizičko-mehaničke osobine se dobijaju u laboratoriji eksperimentalnim putem. Pošto su dobijeni naponi u datoj kosini (metodom konačnih elemenata), može se pristupiti drugoj fazi rada — proračunu koeficijenta stabilnosti za datu kosinu.

Proračun koeficijenta stabilnosti može da se vrši iz dva ugla gledanja. Proračun za dati lom (poznate klizne ravni koja ide po određenim slojevima ili pukotinama) i unapred usvojenog oblika loma (na primer kružnog), čijim pomeranjem kroz oblast nalazimo najmanji koeficijent stabilnosti.

Pri proračunu stabilnosti kosina treba uzeti u obzir piježometarski pritisak. Naime, piježometarski pritisak umanjuje normalnu komponentu kod trenja, a razni slojevi mogu imati razne piježometarske pritiske. Na primer, pesak koji se nalazi između dva sloja gline može imati visok piježometarski pritisak, iako oba sloja gline imaju nizak piježometarski pritisak. Drugim rečima, može se dobiti daleko veći koeficijent stabilnosti nego kad bi se uzeo lom koji ide kroz materijal gde je visok piježometarski pritisak. Iz tog razloga se pristupilo izradi programa u kojem se uzima piježometarski pritisak u svakom sloju (postoji mogućnost, uz manju adaptaciju programa, da se da piježometarski pritisak u svakom čvoru dobijen metodom konačnih elemenata primenjenom u hidraulici). Program usvaja kružni oblik loma i za dato polje napona i piježometarskih nivoa vrši proračun koeficijenta stabilnosti za razne krugove (razni centri i razni poluprečnici). Za svaki krug daje slučaj ako je kosina apsolutno suva (maksimum) i dato stanje piježometarskog nivoa za svaki sloj.

Pošto se vrste materijala sa gledišta stabilnosti, uzimajući u obzir i piježometarski pritisak, ne moraju poklapati sa prvom fazom obrade, one se unose ponovo u drugu fazu obrade nezavisno od

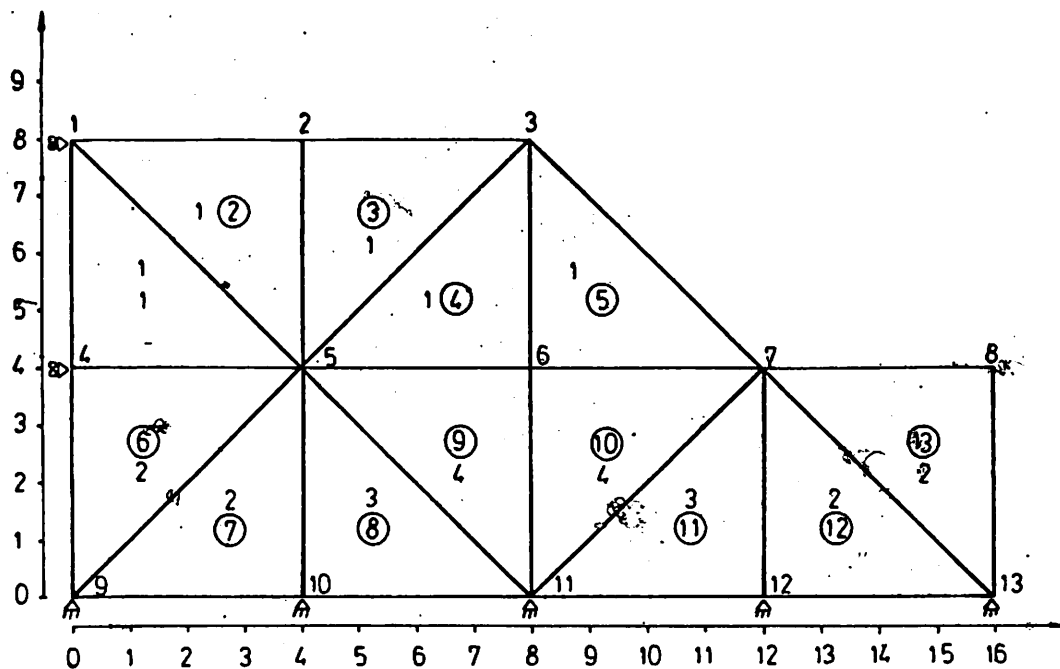
prve (proračun napona). Dat je primer sa ulaznim podacima, potrebnim u drugoj fazi proračuna i odgovarajuće skice (slike).

Primer sadrži mali broj elemenata i kosina je sasvim uprošćena, pošto služi samo kao ilustracija.

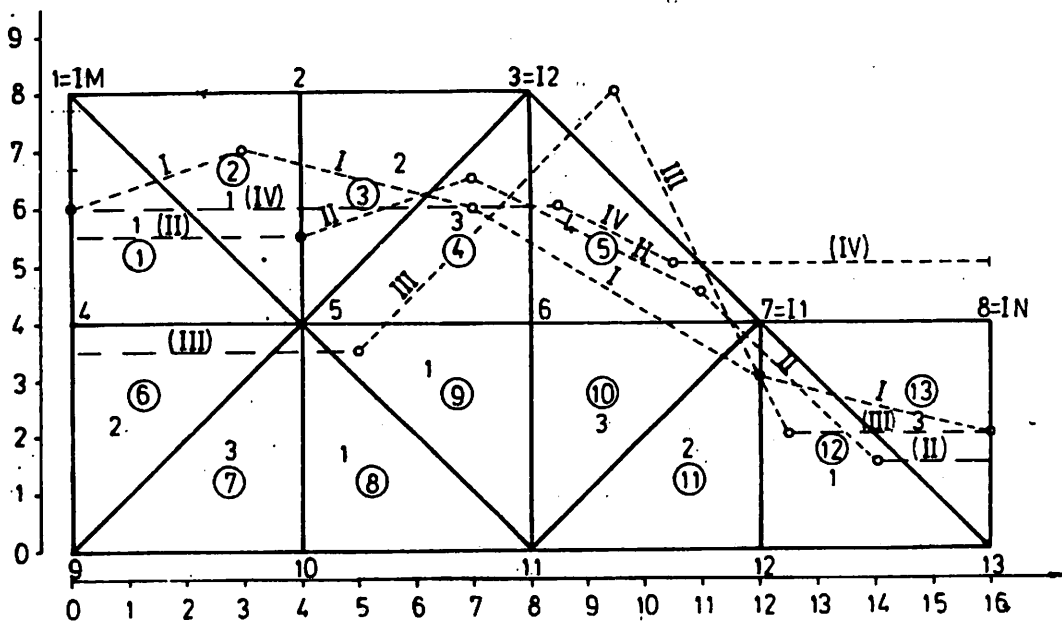
Na slici 1 je data kosina koja je podeljena na 13 elemenata i ima odgovarajuće granične uslove.

Prva faza rada je detaljno opisana u literaturi.

Na slici 2 je prikazana skica raznih pijezometarskih nivoa za razne vrste materijala.



Sl. 1 – Proračun napona.



Sl. 2 – Proračun stabilnosti.

Deo podataka za drugu fazu rada se preuzima iz prve faze (koordinate čvorova, indeksi elemenata i naponi u svakom elementu), dok su ostali podaci, potrebni za drugu etapu, sledeći:

- KMAT— broj raznih vrsta materijala (ne mora da budu isti kao kod proračuna napona)
- MATM — vrsta materijala za svaki element
- $C_m$ — kohezija svake vrste materijala
- $\mu_m$ — tangens ugla trenja svake vrste materijala
- IM— indeks čvora uslovne leve granice oblasti
- IN— indeks čvora uslovne desne granice oblasti
- II— indeks čvora uslovnog dna kosine
- I2 — indeks čvora uslovnog vrha kosine
- KOP— ukupna količina čvornih tačaka površine
- IR— količina povučениh krugova iz svakog centra
- ICP<sub>1</sub>— indeks čvorova površine terena
- KB— količina čvorova koji određuju odgovarajući pijezometarski nivo vode (II)
- $X_i, Y_i$ — koordinate odgovarajućeg pijezometarskog nivoa.

Kosina je relativni termin u smislu šta je deo, a šta cela kosina, jer je i delimična kosina sama za sebe kosina. Pod kosinom se u programu podrazumeva samo ono što je definisano indeksima čvorova I1 i I2. Taj deo kosine program deli na 33 lamele i ako zahvati manje od 25 lamela stabilnost se ne računa; ako se zahvati 25–30 lamela izračunava se stabilnost parcijalne kosine, a ako je preko 30 lamela, dobijen koeficijent stabilnosti se uzima u račun pri nalaženju apsolutnog minimuma stabilnosti.

Program automatski prekida rad u slučaju grešaka kod ulaznih podataka. Kod nalaženja krugova uzima u obzir samo krugove koji ulaze i izlaze na površinu terena i ne prolaze kroz veštački napravljene granice oblasti. Krug može samo jednom da uđe i jednom da izađe iz oblasti za dati poluprečnik i dati centar.

Program menja centar krugova po automatski izabranoj oblasti po pravougaonoj mreži. Rezultati se prikazuju tablično, a na kraju je dat apsolutni minimum koeficijenta stabilnosti za datu kosinu i za date pijezometarske visine.

Stabilnost se računa na osnovu poznatog obrasca

$$F = \frac{\sum C_i l_i + \sum \sigma_{Hi} \cdot \mu_i \cdot l_i}{\sum \tau_{ii} \cdot l_i} \quad (1)$$

gde je:

- $C_i$ — kohezija tekućeg elementa ravni loma
- $l_i$ — tekući element ravni loma (dužina)
- $\sigma_{Hi}$ — normalni napon trenja tekućeg elementa ravni loma
- $\mu_i$ — tangens ugla trenja tekućeg elementa ravni loma
- $\tau_{ii}$ — tangencijalni napon u pravcu tekućeg elementa ravni loma.

U datom obrascu se normalni i tangencijalni naponi računaju po poznatim obrascima na osnovu matrice tenzora napona  $\sigma = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau \\ \tau & \sigma_y \end{bmatrix}$  i jediničnog vektora normale  $n = \{\cos(n, x), \cos(n, y)\}^T$  i jediničnog vektora pravca tekućeg elementa ravni loma  $1_\delta = \{\cos(1, x), \cos(1, y)\}^T$ .

$$\sigma_H = n^T \cdot \sigma \cdot n \quad (2)$$

$$\tau_{ii} = n^T \cdot \sigma_1 \quad (3)$$

U najpovoljnijem slučaju, sa gledišta stabilnosti, kosine su suve. U opštem slučaju za datu ravan loma na pojedinim delovima deluje pijezometarski pritisak vode koji smanjuje normalnu silu, a samim tim i silu trenja. Drugim rečima, ukupan otpor trenja treba da se umanjí za izraz:

$$\sum \sigma_{xi} \cdot \mu_i \cdot l_i$$

gde je:

$\sigma_{xi}$  — hidraulični uzgon

Hidraulični uzgon u datoj tački jednak je:  $\sigma_x = (Z_{II} - Z) \cdot \gamma_B \geq 0$

$Z_{II}$ — pijezometarska visina vode u datoj tački ravni loma

$Z$  — kota u dotičnoj tački loma

Prema tome, stabilnost tekuće ravni loma, za slučaj da je poznat pijezometarski nivo vode II za datu ravan loma, bi bio:

$$F = \frac{\sum C_i \cdot l_i + \sum \sigma_{Hi} \cdot l_i \cdot \mu_i - \sum \sigma_{xi} \cdot l_i \cdot \mu_i}{\sum \tau_{ii} \cdot l_i} \quad (4)$$

Izlazni rezultati druge faze obrade su:

- $F_B$ — stabilnost za tekući IIHB i tekući centar
- $F$  — stabilnost za suhu kosinu i tekući centar
- XC — centar kruga tekućeg loma (Y koordinata)
- YC — centar kruga tekućeg loma (Ykoordinata)

R— poluprečnik kruga tekućeg loma  
 $\Sigma C \cdot l$  — ukupna sila kohezije  
 $\Sigma \sigma_H \cdot l \cdot \mu$  — ukupna sila trenja  
 $\Sigma \tau_{i-1}$  — ukupna tangencijalna sila  
 $\Sigma \sigma_x \cdot l \cdot \mu$  — ukupno umanjenje trenja usled hidro-  
statičkog pritiska  
n— broj lamela uzetih u obračun.

Na kraju tablice daje se apsolutni minimum za  $F_B$  i odgovarajuće F.

#### Zaključak

Metoda konačnih elemenata pri proračunu koeficijenta stabilnosti daje za sada najrealnije rezultate, pošto uzima najviše parametara u obzir. Samim tim može se smatrati da je za date ulazne podatke ta metoda najpouzdanija i najtačnija. Između ostalog, ona nam daje i najpregledniji oblik svih mogućih rezultata, počev od polja napona u datoj oblasti pa do koeficijenta stabilnosti za razne pijezometarske nivoe, kao i za razne pretpostavljene ili određene površi loma kosine.

#### SUMMARY

##### Calculation of Slope Stability by the Method of Finite Elements for a Given Stress Field and Given Piezometric Levels Field

The program calculates a stability factor for a given slope shape and physico-mechanical parameters. The input data include slope and layers geometry, physico-mechanical properties of all types of materials and piezometric levels for all working layers. The output data include the stress field in a given slope area, as well as stability factors in a selected central area.

#### ZUSAMMENFASSUNG

##### Berechnung der Böschungstabilität durch die Methode von Endelementen für das vorgegebene Spannungsfeld und vorgegebenes Feld piezometrischer Niveau

Das Programm berechnet die Stabilitätskoeffiziente der vorgegebenen Böschungsform und Physikalisch-mechanische Parameter. Die Eingabedaten sind die Böschungs- und Flözgeometrie, physikalisch-mechanische Eigenschaften jeder Materialsorte und piezometrische Niveau der Arbeitsflöze. Ausgangsdaten nachem das Spannungsfeld in dem vorgegebenen Böschungsgebiet und Stabilitätskoeffiziente in dem ausgewähltem Gebiet des Zentrums.

#### РЕЗЮМЕ

Расчет устойчивости откоса методом конечных элементов для данного поля напряжения и данного поля пьезометрических уровней

Программа рассчитывает коэффициент устойчивости для данной формы откоса и физико-механические параметры. Входные данные являются геометрией откоса и слоев, физико-механические свойства каждого вида материала и пьезометрические уровни для рабочих слоев. Выходные данные — поле напряжения в заданной области откоса, а также и коэффициент устойчивости в выбранной области центров.

### Literatura

1. Faddeev, D K, Faddeev, V N, 1960: Vyčislitelnye metody linejnoy algebry, Fizmatgiz.
2. Faddeev, D K, Sominskij, IS, 1964: Zbornik zadač po vyšej algebre, izd. 8 Fitmatgiz.
3. Garfand, IM, 1966: Lekcii po linejnoy algebre, izd. 3, „Nauka“.
4. Lekhnitskij SG, 1963: Theory of Elasticity of an Anisotropic Elastic Body, Holden-Day, San Francisko.
5. Maŕcev, AI, 1956: Osnovy linejnoy algebry, izd. 2, Geostabizdat.
6. Proskurjakov, IV, 1967: Sbornik zadač po linejnoy algebre, izd. 3, „Nauka“.
7. Popov, EP, 1968: Introduction to Mechanics of Solids, — Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
8. Sokolnikov, IS, 1956: Mathematical Theory of Elasticity, — New York Mc Graw-Hill Book Co.
9. Šilov, GE, 1956: Vvedenie v teoriju linejnyh prostranstv, izd. 2, Gostehizdat.
10. Timošenko, S., Goodier, J N, 1951: Theory of Elasticity, New York, Mc Graw-Hill Book Co.
11. Vinogradov, SP, 1935: Osnovna teorija determinantov, izd. 4, ONTI.
12. Najdanović, N, Obradović R, 1979: Mehanika tla u inženjerskoj praksi, Rudarski institut, Beograd.
13. Borelli, M, 1965: Hidraulika, Beograd.
14. Vujić SJ, 1976: Proračun stabilnosti kosina metodom momenta kliznih krugova — Bišop, primenom elektronskih računara. — Rudarski glasnik. br. 3, Beograd.
15. Vujić SJ, 1981: Primena metode konačnih elemenata (KE) pri proračunu napona u trakastim stubovima. — Rudarski glasnik br. 2, Beograd.
16. Vujić SJ, 1983: Uticaj nivoa podzemnih voda na stabilnost kosina. — Rudarski glasnik br 2, Beograd.
17. Vujić SJ, 1986: Razrada metodologije za potrebe proračuna stabilnosti kosina površinskih kopova i odlagališta, NIP — Rudarski institut, Beograd.

Autor: mr inž. Jovan Vujić, Zavod za informatiku i ekonomiku u Rudarskom institutu, Beograd  
Recenzent: dr inž. R. Obradović, Rudarski institut, Beograd  
Članak primijen 2.3.1987, prihvaćen 17.3.1987.

## Nova oprema i nova tehnička dostignuća

### Prva kontinualna filterpresa za minerale puštena u rad u rudniku uglja Zolder

Amafilter B.V. iz Alkmaara (Holandija) instalirala je i pustila u pogon prve dve filterprese sa zajedničkom površinom od 120 m<sup>2</sup> za odvodnjavanje flotacionog koncentrata u rudniku uglja Zolder u Belgiji.

Ova filterarska konstrukcija odabrana je zato, što usled povoljnih odnosa materijala i proizvedene izrazito sitnozrne čvrste materije, nije moglo da se očekuje da će konvencionalni vakuum usisni filtri obezbediti prihvatljivi sadržaj vode. Štaviše, kupci uglja su postavili obavezne granice sadržaja vode.

Prvim puštanjem u rad ove kontinualne filterprese M Dousoudil, upravnik odeljenja za razvoj „Amafiltera“ doveo je razvojnu fazu svog koncepta za odvodnjavanje pod pritiskom do uspešnog završetka.

#### Razvoj

Tokom intenzivnog osmogodišnjeg razvoja ovog uređaja za filtriranje razvijeni su strukturni i proizvodni inženjerski detalji u praktični oblik pomoću laboratorijskih opita, praktičnih eksperimenata i teorijskih proračuna.

Razvojni proces je obuhvatio, između ostalog, kon-

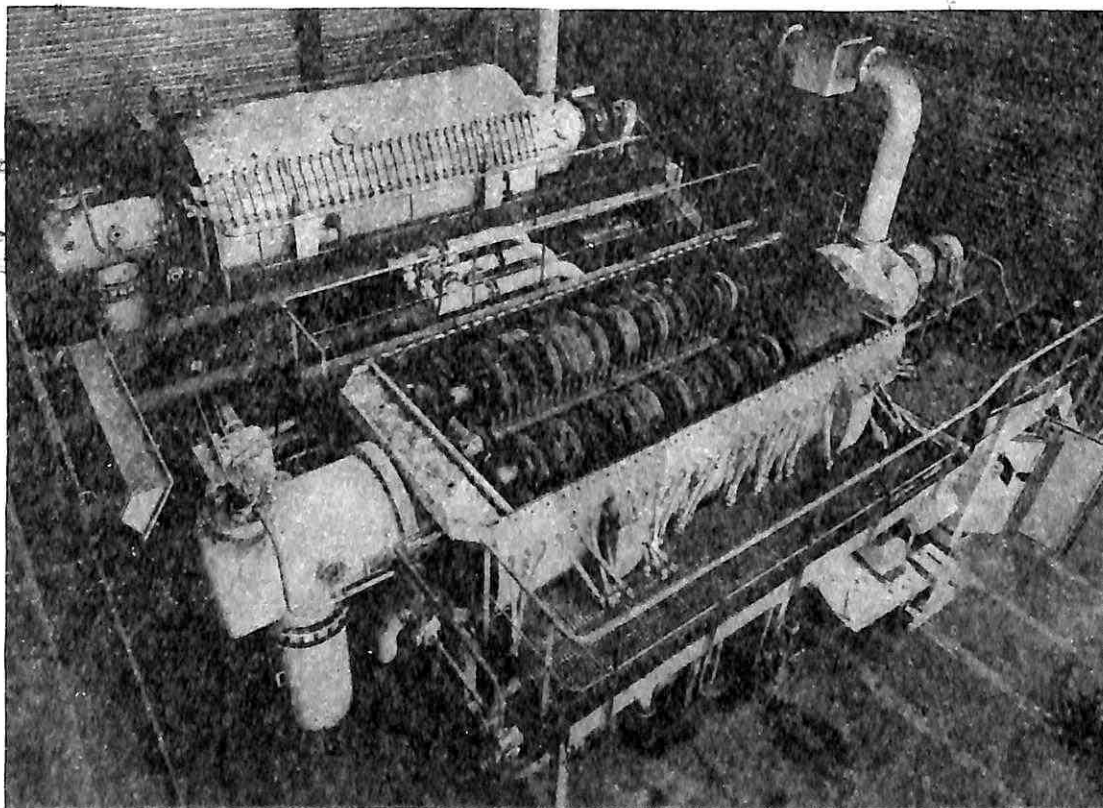
strukciju specijalnog sistema za praćenje i kontrolu uređaja i razvoj ustave pod pritiskom, koja radi gotovo bez gubitka, iz koje se filterarski „kek“ (kolač) ispušta u krupnozrnom stanju i sposoban da ispušta vlagu. Drugi razvoji se odnose na projektovanje sistema za ispuštanje „keka“ i automatski konstruisanog sistema za pranje radi čišćenja filterarske tkanine, kao i optimizaciju vezanu za vek i rad konstrukcionih elemenata, npr. filterarskih diskova.

Pored toga, izrađen je sistem za precizno određivanje odnosa između trajanja filtracije i trajanja odvodnjavanja, kao i automatski sistem za primenu kod različitih količina čvrste materije i pulpe, kao i kod promena u granulometrijskom sastavu.

Sa nepovoljnim odnosima materijala u rudniku uglja Zolder u predoperativnoj fazi su ostvarene vrednosti sadržaja vode između 16 i 20% tež., kao i brzine protoka od 0,33 t/m<sup>2</sup>/čas do 0,76 t/m<sup>2</sup>/čas.

Očekuje se da će tekuća optimálna faza vezana za ugrađivanje novog proizvodnog koraka za gradiranje i odvodnjavanje sitnozrnih materijala dovesti do novih unapređenja.

Amafilter B.V. iz Alkmaara (Holandija) je ugradila i pustila u rad prve dve kontinualne filterprese sa zajedničkom filterarskom površinom od 120 m<sup>2</sup> za odvodnjavanje flotacionog koncentrata u rudniku uglja Zolder u Belgiji.



### Instrument koji prikazuje položaj pokretne opreme u rudnicima

Lokacija opreme koja se kreće u rudnicima, kao npr. užetom vučeni železnički vagoni, može se neprestano kontrolirati pomoću kompaktnog instrumenta usavršenog u Velikoj Britaniji.

Radeći na ulazne signale iz blizu postavljenog senzora (koji prenosi podatke o smeru rotacije i broju okretaja pogonskog vratila), uređaj „WM 815“ proračunava i prikazuje preciznu lokaciju pokretne rudničke opreme koja se kontroliše.

Ovaj instrument se pričvršćuje za zid blizu rukovaoca koji kontroliše rad mašina. Očitavanje na instrumentu je digitalno, ali korisniku stoji na raspolaganju i analogni naponski izlazni signal za korišćenje u daljinskim sistemima kontrole.

Implikacije za bezbednu i efikasnu kontrolu opreme koju rukovalac ne vidi su značajne, a pogodnosti za daljinsku kontrolu korisne i za celokupno upravljanje. Pored kontrole položaja železničkih vagona, primene ovog jeftinog instrumenta obuhvataju pozicioniranje bunkera, brojanje korpi za iznošenje rude itd.

Prvobitna kalibracija instrumenta je jednostavna, a bilo kakav pokušaj da se mehanizam pomeri sa određenih krajnjih položaja aktivira alarm. Pouzdani izlazni signal releja može da se upotrebi za automatsko zaustavljanje pogona.

Izuzetno bezbedan, instrument „WM 815“ može da radi na naizmeničnu i jednosmernu struju, a bezbednosna brava sprečava neovlašćeno rukovanje instrumentom koje može da dovede do kvara.

Instrument koriste rudari i industrija rudarske opreme.

Proizvođač je William McGeoch and Co (Birmingham) Ltd., England.

### Mašina za bušenje i ugradnju ankera

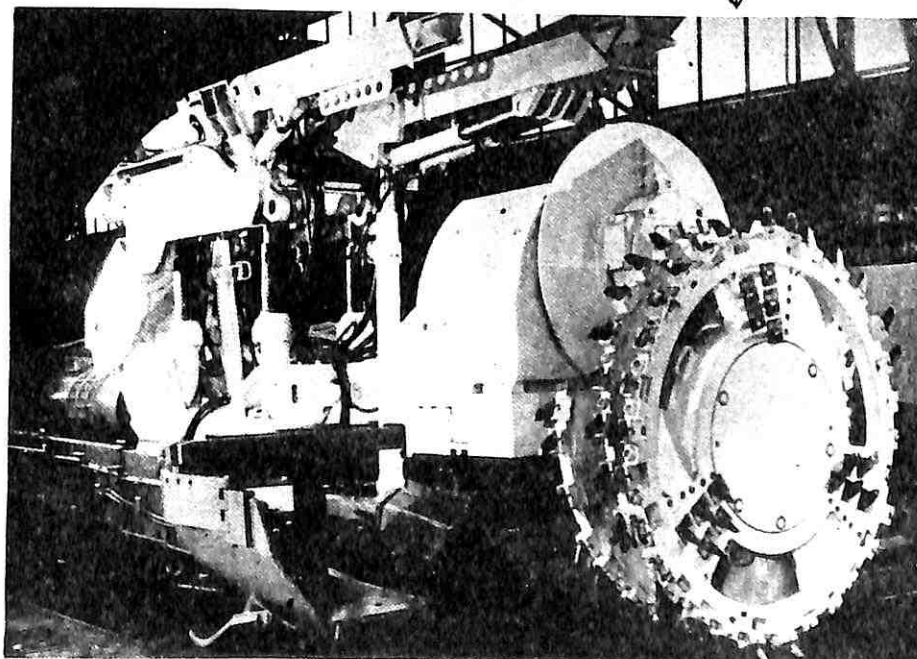
Nova mašina za bušenje i postavljanje ankera koristi se u rudniku uglja Walsum pri preseljavanju čela. Krovina i ugljeno čelo se ankeruju pre napuštanja čela. Mašina je na hidraulički pogon i ima vrlo niski nivo buke. Pomak šipke za bušenje i obrtanje se ostvaruje hidrauličkim motorima. Kapacitet bušenja je 8 m/min. Bušača kolica se mogu postaviti vertikalno od 2,5 do 4 m i mogu se zanositi 30° horizontalno na obe strane, a katarka kolica 55° horizontalno. Radi lakšeg transporta kroz uske hodnike mašina, koja se kreće na AFC, poseduje i sopstveni samohodni ram za kretanje od bušotine do bušotine.

*Mining Reporter, 95*

### Mašina za izradu hodnika ESA-60-L

Mašina ESA-60-L je konstruisana kao mašina za izradu niša i hodnika u sloju i otkopavanju uglja, a ovde je predstavljena kao mašina za izradu hodnika i otkopna mašina kod komorno-stubne metode otkopavanja. Konstrukcija i metoda rada ESA su zasnovani na principu rezanja reznim bubnjem. Mašina se kreće na saonicama i reže pun presek bez premeštanja. Rezni bubanj se može zanositi 360°, a instalisana snaga je 60 kW. ESA može biti opremljena reznim bubnjevima, prečnika od 1400 do 1700 mm, i katarkama dužine 250 do 750 mm. Radne visine, zavisno od modela, se kreću od 1,5 do 3,2 m, a širine hodnika mogu biti najmanje 4,6 m. Moguće je rezanje stene sa tvrdoćom do 70 N/mm<sup>2</sup>. Otkopana ruda se skreparskim transporterom prenosi kroz hodnik. Ankeri za osiguranje krovine mogu da se ugrađuju 2 m iza čela bez prekidanja operacije rezanja.

*Mining Reporter, 17*





Kranicz, Z.: **Mogućnost prognoziranja proizvodnih troškova na bazi zavisnosti parametara potrošnje koji se određuju statističkim metodama** (A termesi költségsek előre jelzesenek lehetősége a statisztikai modszerekkel meghatározott költségfüggvények alapján)  
„Banyasz, es kohasz. lapok. Banyasz.”, 119(1986)6, str. 413–420, (mađ.)

Fettweis, G. B., Brandstätter, W. A. i Hruschka, F.: **Ležište kao proizvodni faktor rudarskog preduzeća** (Zur Lagerstätte als Produktionsfaktor des Bergbaus)  
„Publ. Techn. Univ. Heavy Ind.”, A41(1986)1–2, str. 11–28, (nem.)

Mukerđži, K.: **Modeli planiranja dobijanja uglja u industriji uglja** (Modeli planirovanija dobiči uglja v ugoľ'noj promyšlennosti)  
„Vyčisl. metody v issled. ekon. processov”, M., 1986, str. 58–65, 4 bibl.pod., (rus.)

Strovskij, V. E.: **Intenzivni i ekstenzivni izvori porasta rudarske proizvodnje** (Intenzivnye i ekstenzivnye istočniki rosta gornorudnogo proizvodstva)  
„IVUZ, Gornyj ž.”, (1986)11, str. 33–37, 1 il., 1 tabl., 4 bibl.pod., (rus.)

Vernikovskij, K. B., Baranov, V. A.: **Metode određivanja efektivnosti investicionih ulaganja u rudarstvo** (Metody opredelenija effektivnosti kapital'nyh vloženij v gornorudnuju promyšlennost')  
„Gornyj ž.”, (1986)10, str. 18–20, 3 bibl.pod., (rus.)

Bell, M.S.: **Moderno projektovanje jamskih okana u Velikoj Britaniji** (Modern mine shaft design in the UK)  
„Colliery Guard.”, 234(1986)9, str. 423–424, (engl.)

Ondrašak, J.: **Izrada rudarskih prostorija u navodjenim stenama metodom zamrzavanja** (Razenie banskych diel v zvodnen'ych horninach pomocou zmrzovania)  
„Uhlj.”, 34(1986)6, str. 246–249, 2 il., 1 tabl., (češ.)

Bušenje ventilacionog okna (Raise boring opens ventilation shaft)  
„Eng. and Mining S.”, 187(1986)5, str. 52, (engl.)

Ponomarenko, A. K. i Semin, A. V.: **Uticao konfiguracije na cenu izrade navozišta** (Vlijanie konfiguracii na stoičnost' prohodki okolostvoľ'nyh dvorov)  
„Soveršen. tehnol. sooruž. gorn. vyrabotok”, Kemerovo, 1986, str. 55–58, 3 tabl., 2 bibl.pod., (rus.)

Pajlevajan, S. R. i Badaljan, S. V.: **Proučavanje raspucalih zona oko otkopanog prostora geofizičkim metodama** (Izučenie treščinovatyh zon okolovyrabotannogo prostranstva geofizičeskimi metodami)  
„Izv. AN ArmSSR, Nauki o Zemle”, 39(1986)3, str. 68–71, (rus.)

Voronkov, G. Ja. i Marcinkevič, G. I.: **Problema deformacionih osobina i osobina čvrstoće uglja pri kontaktu sa površinsko-aktivnim rastvorima** (Izmenenie deformacionnyh i pročnostnyh svojstv uglja pri vzaimodejstvii s poverhnostno-aktivnym rastvorami)  
„Fiz.—tehn. probl. razrab. polezn. iskopæemyh”, (1986)5, str. 84–88, (rus.)

Andonov, E.: **Izbor parametara podgrade pripremljenih prostorija u rudnicima uglja automatizovanom izradom geomehaničkih prognoznih karti** (Izbor na parametrite na krepeža na podgotovitelnite izrabotki v ű gliščnite rudnici posredstvom avtomatizirano š stavjane na geomehanični prognozni karti)  
„Minno delo” 41(1986)8, str. 22–25, 3 il., 2 tabl., 2 bibl.pod., (bugar.)

Irrecberger, H i Stephan, P.: **Novi ispitni sto za modeliranje pojava jamskog pritiska i određivanje parametara podgrade** (Neuer Modellprüstand zur Klärung gebirgsmechanischer und ausbautechnische Problem)  
„Glückauf” 122(1986)16, str. 1063–1067, 4 il., 9 bibl.pod., (nem.)

Ševelev, G. A.: **Kontrola stanja stenskog masiva** (Upravlenie sostojaniem gornogo massiva)  
SSSR, Kiev, Nauk. dumka, 1986, 212 str., 81 il., 25 tabl., 168 bibl.pod., (knjiga na rus.)

Žukova, S.G.: **Pitanje naponsko-deformacionog stanja stena oko radilišta u ugljenom sloju** (K voprosu napražænno-deformirovannogo sostojanija porod v okrestnosti očistnoj vyemki ugoľ'nogo plasta)  
In—t gorn. dela AN KazSSR, Alma-Ata, 1986, Rukopis deponovan u VINITI-u 14.10.86, Nr. 7191–B, (rus.)

Kook, J.: **Prognoza konvergencije i izbor parametara podgrade pripremljenih jamskih prostorija** (Konvergenzvorausberechnung und Ausbaubemessung für Gesteinstrecken)  
„Glückauf—Forschungshefte” 47(1986)3, str. 112–119, 9 il., 13 bibl.pod., (nem.)

Kazan, V. N. i Kapralov, V. K.: **Deformacija stena krovine pri gasifikaciji moćnih strmih slojeva uglja** (Deformacija porod krovli pri gazifikaciji moćnyh krutyh ugoľ'nyh plastov)  
„Nauč. soobšč. In—t gorn. dela im. A. A. Skočinskogo”, (1986), Nr. 244, str. 55–60, 1 il., 1 tabl., 2 bibl.pod., (rus.)

Razumnjak, N. L., Bogomolov, V. F. i Milgram, E. M.: **Pojave jamskog pritiska pri otkopavanju moćnih strmih slojeva horizontalnim slojevima sa samovezujućim zasipom u silaznom poretku** (Projavenija gornogo davljenija pri razrabotke moćnyh krutyh plastov gorizontaľ'nymi slojami s tverdejuščej zakladkoj v niskodjaščem porjadke)

„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo“, (1986) 244, str. 69-78, 3 il., 1 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

Gibowicz, S.J.: Możliwość interpretacji górnika uderzenia korzeniem licznika. Deo II (Mozliwość interpretacji wstrząsów górnicych zapisanych w postaci yfrowej. Cz. II).

„Prz. gorn.“. 42(1986)4, str. 101-105, 4 il., 34 bibl.pod., (polj.)

Pisarek, P., Baranowski, Z. i dr.: Praksa praktične primene geofizičkih metoda pri otkopavanju ugljenog sloja čelom sa obruštavanjem krovine ispod štuba ostavljenog u sloju iznad (Praktyczne wykorzystanie metod geofizycznych przy eksploatacji ściany z zawalem stropu pod niewybrana wyspa pokładu wyżej zalegającego)

„Wiad. gorn.“ 37(1986)2-3, str. 39-44, 7 il., 2 tabl., 1 bibl.pod., (polj.)

Lieberman A.Ju.: Raspredela napons u stubovima različite širine (Raspredelenie naprjaženij v celikah različnoj širiny)

„Nauč. soobšč. In-t gorn. dela im. A.A. Skočinskogo“, (1986) 244, str. 29-31, 3 il., 1 bibl.pod., (rus.)

Peretolčin, V.A.: Osnovni principii izbora parametara bušaćeg instrumenta (Osnovnye principy vybora parametrov burovogo instrumenta)

„Mehaniz. gorn. rabot“, Kemerovo, 1986, str. 101-108, (rus.)

Dmitrin, V.P.: Stanje i načini za usavršavanje bušenja minskih bušotina na površinskim kopovima udruženja „Sibruda“ (Sostojanje i puti sovršenstvovanija burenija vzryvnyh skvažin na kar'erah ob edinenija „Sibruda“)

„Mehaniz. gorn. rabot“, Kemerovo, 1986, str. 92-97, (rus.)

Skornjakov, N.M., Ščerbakov, Ju.S.: Neka pitanja projektovanja mehanizovanih mašina za bušenje (Nekotorye voprosy proektirovanija burovnyh mašin)

„Mehaniz. gorn. rabot“, Kemerovo, 1986, str. 71-75, 4 il., (rus.)

Kalašnikov, A.T., Berzenkov, L.A.: Praksa primena programa IVS-1 za matematičko modeliranje razaranja miniranjem (Opyt primenenija programmy matematičeskogo modelirovanija vzryvnogo razrušenija IVS-1)

„Gornyj ž.“, (1986) 10, str. 34-36, 6 bibl.pod., (rus.)

Lechner, E.M.: Proračun šeme postavljanja minskih punjenja (Überlegungen zur geometrischen Auslegung von Sprengschemen)

„Publ. Techn. Univ. Heavy Ind.“ A41(1986)1-2, str. 83-98, 9 il., 5 bibl.pod., (nem.)

Gerhardt, H.: Sadašnje stanje i tendencija razvoja tehnologije miniranja u podzemnim rudnicima DR Nemačke (Gegenwärtiger Stand und Entwicklungstendenzen der im Bergbau-Tiefbau der DDR angewendeten Sprengtechnologien)

„Publ. Techn. Univ. Heavy Ind.“, A41(1986)1-2, str. 29-48, 10 il., 2 tabl., 21 bibl.pod., (nem.)

Izrada ventilacionog hodnika pomoću bušenja i miniranja. (Parallele de retour d'air Nord 826 a l'unité d'exploitation

Vouters)

„Ind. Miner Techn.“, (1986) 4, str. 170-175, 8 il., 3 bibl.pod., (franc.)

Poljakov, A.S., Čabanenko, B.I. i dr.: Primena različitih konstrukcija minskih punjenja pri izradi vertikalnih okana (Primenenie različnyh konstrukcij zarjadov VV pri prohodke vertikalnyh stvolov)

„Ugol' Ukrainy“, (1986) 9, str. 7-8, 1 tabl., 1 bibl.pod., (rus.)

Rupelle de Ra, Blanchier, T.: Pregled tehnike miniranja na površinskim otkopima (Enquete sur les techniques de tirs des exploitations a ciel ouvert)

„Ind. Miner. Techn.“ (1986) 4, str. 147-158, 30 tabl., (franc.)

Ginijatullin, I.I.: Miniranje po konturi pri naknadnom otkopavanju površinskog kopa (Konturnoe vzryvanie pri dorabotke kar'era)

„Gornyj ž.“ (1986) 10, str. 36-37, (rus.)

Sdobnikov, P.V.: Usavršavanje tehnologije izgradnje rudarskih prostorija (Soveršenstvovanie tehnologij sooruženija gornnyh vyrabotok)

Mežvuz, sb. nauč. tr., Kemerovo, Kuzbas, politehn. in-t, 1986, 128 str., il., (knjiga na-rus.)

Sincyn, I.Ju.: O postupcima izrade uskopa. Perspektiva razvoja (O sposobah provedenija vosstajuščih vyrabotok, Perspektivy razvitija)

„Soveršen. tehnol. sooruž. gorn. vyrabotok“, Kemerovo, 1986, str. 51-55, 7 bibl.pod., (rus.)

Ševčenko, V.I., Stepannikov, V.V. i dr.: Povećanje sigurnosti rada i otpora popustljive podgrade pripremljenih jamskih prostorija (Povyšenie nažežnosti raboty i otpora podatlivnyh krepelj podgotovitelnyh vyrabotok)

„Soveršen. tehnol. sooruž. gorn. vyrabotok“, Kemerovo, 1986, str. 25-30, 4 il., 2 bibl.pod., (rus.)

Erofeev, L.M. i Masaeov, V.Ju.: Efektivnost primene anker-metalne podgrade AMK u rudnicima uglja Kuzbasa (Efektivnost primenenija anker-metalličeskij krepelj AMK na ugol'nyh šahtah Kuzbasa)

„Soveršen. tehnol. sooruž. gorn. vyrabotok“, Kemerovo, 1986, str. 19-25, 2 il., 1 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)

Förster, H.: Ispitivanje pod opterećenjem lučnih ramova podgrade hodnika (Belastungsprüfungen an Streckenausbaubögen)

„Glückauf-Forschungshefte“, 47(1986)3, str. 109-111, 3 il., 2 tabl., (nem.)

Antonino, R.: Primena kombinovane podgrade od anker i dvostrukih T-nosača (Rock bolt and H-beam combined to give mine adit support)

„Constr. Ind. Int.“, 12(1986)6, str. 47, 4 il., (engl.)

Buocz Z.: Uporedno ispitivanje šeme otvaranja lažista vertikalnim oknom i kodm hodnikom (Szkupaknas es lejtošaknas fofeltaras ősszehasonlító vizsgálat)

„Nehézip. műsz. egyet. közl.“ 1(1986) Nr. 1-4, str. 43-56, (mad.)

Eremeev, V.M., Braverman, V.L. i Harčenko, V.A.: Ocena celishodnosti postupka otvaranja „blok-

oknima" (Ocena celosobraznosti primenjena sposobov vskrytija „blok–stvolami")  
„Ugol" (1986) 11, str. 21–24, (rus.)

Kufman, A. Z. i Švarcman, A. G.: Poboľšanje tehničkog nivoa sredstava za jamsku automatiku (Povyšenie tehničkog urovnja sredstv šahtnoj avtomatiki)  
„Ugol" (1986) 10, str. 15–17, (rus.)

Starničev, V. V., Myšljaev, B. K. i Starovojtov, V. G.: Izrada nove i modernizacija postojeće otkopne opreme (Sozdanie novogo i modernizacija dejstvjuščego očistnogo oborudovanija)  
„Ugol" (1986) 10, str. 35–39, (rus.)

Koršunov, A. N.: Mehanizacija rudarskih radova (Mehanizacija gornyh rabot)  
Mežvuz, sbornik nauč. tr., Kemerovo, Politehn. in–t, 1986, 136 str., 1l, (knjiga na rus.)

Buntain, D.: Korišćenje dostignuća elektronike u rudarstvu (Avances electronicos en mineria)  
„Rocas y Miner.", 15(1986) 175, str. 32–37, (špan.)

Besedin, A. V.: Visokoproduktivni rad uređaja sa strugom SO–75 (Vysokoproizvoditel'naja eksploatacija strugovoj ustanovki SO–75)  
„Ugol" (1986) 10, str. 7–9, (rus.)

Hramcov, V. I.: Primena otkopnih kompleksa novog tehničkog nivoa i kvalitet dobijenog uglja (Primenenie očistnyh kompleksov novogo tehničkog urovnja i kačestvo dobyvaemogo uglja)  
„Ugol" (1986) 10, str. 27–28, (rus.)

Ciepiele, B., Kolacz, Z. i Strzeminski, R.: Otkopavanje sloja u uslovima mikrotektonskih i sedimentacionih oštećenja (Prowadzenie sciany w warunkach zaburzen mikrotektonicznych i sedymentacyjnych)  
„Wiad. gom.", 37(1986) 5, str. 95–100, 6 il., 1 tabl., 5 bibl.pod., (polj.)

Anastasaov, D. i Stefanov, Dr.: Poboľšanje kvaliteta dobijene rude kod sistema otkopavanja sa podetažnim obruštavanjem uz ostavljanje pripreme nadhorizontske ploče (Podobrojane kačestvo na dobivana ruda pri sistemata s podetažno obrušvane črez oformjane na vremenem nadgalerien celik)  
„Minno delo", 41(1986) 8, str. 5–8, 4 il., 8 bibl.pod., (bugar.)

Šormanov, A. M., Utėnijazov, A. U. i Nenašev, V. E.: Utvrđivanje planskih troškova rada za tehnološke procese otkopavanja pri otkopavanju žilnih ležišta (Ustanovlenie planovyh trudnozatrat na tehnologičeskie processy očistnyh rabot pri razrabotke žilnyh mestoroždenij)  
„Kompleks. ispol. z. mineral. syr'ja", (1986) 6, str. 14–18, (rus.)

Nikolaev, E. I.: Poboľšanje homogenosti veštački izrađenih masiva kod primene sistema podzemnog otkopavanja mineralnih sirovina sa samovezujućim zasipom na bazi operativnog upravljanja kvalitetom smeše (Povyšenie odnorodnosti iskusstvennogo vozvodimyh massivov pri primenenii sistem podzemnoj otrabotki poleznyh iskopaemyh s tvrđejuščej zakladkoj na osnove operativnogo upravljanja kačestvom smešej)

CNII Elcvetmet, M., 1986, 89 str. Rukopis deponovan u CNII Elcvetmet, 11.10.86, Nr. 1477–cm, (rus.)

Košumov, B. H.: Ispitivanje efikasnih oblika podgrađivanja otkopnih komora u rudnicima Džezkazgana (Issledovanie effektivnyh vidov krepļenija očistnyh kamer na rudnikah Džezkazgana)  
„Gornyj ž.", (1986) 10, str. 29–31, (rus.)

Tomakov, P. N. i Naumov, I. K.: Tehnologija, mehanizacija i organizacija površinskog otkopavanja (Tehnologija, mehanizacija i organizacija otkrytyh gornyh rabot)  
Učehn. dĳa stud. vuzov, obuč. po spec. tehnol. i kompleks. mehaniz. podzemn. razrab. mestorožd. polezn. iskop. L. markšejd. delo, 2 izd., pererab. i dopoln. M., „Nedra", 1986, 312 str., 139 il., 53 tabl., 41 bibl.pod., (knjiga na rus.)

Protasov, S. J.: Pokretni pretovarni punktovi u obliku bunkera za površinske otkope uglja u Kuzbasu (Peredvižnye bunkernye peregružočne punkty dĳa ugoľnyh razrezov Kuzbassa)  
„Aktuel. vopr. otkr. razrab. pri kompleks. osvoenii mestorožd.", Material. dok. soobšč. Vses. sovešč., Moskva, 4–6 mart 1986, M., 1986, str. 100–102, 1 bibl.pod., (rus.)

Arsov, Or. i Butov, C.: Perspektivno planiranje razvoja rudarskih radova na površinskom kopu „Elacite" pri režimu homogenizacije kvaliteta rude (Perspektivno planiranje na razvitieto na minnite raboty v rudnik „Elacite" pri režim na usrednjavane kačesto na rudata)  
„Bjul. NTI Niporuda" (1985) 1, str. 20–22, 2 il., 2 bibl.pod., (bugar.)

Felonenko, M. A.: Povećanje kapaciteta bagera i kiperera valike nosivosti na površinskom otkopu (Povyšenie proizvoditel'nosti ekskavatorov i bol'shegruznyh avtosamosalov na kačera)  
„Gornyj ž.", (1986) 10, str. 24–25, 2 il., (rus.)

Strzodka, K.: Transportno–odlagački mostovi na otkrivalci i kompleksi bager–odlagač na površinskim otkopima mrkog uglja DDR (Abraumförderbrücken und Direktstrutzkombinationen in den Braunkohlentagebauen der Deutschen Demokratischen Republik)  
„Publ. Techn. Univ. Heavy Ind.", 41(1986) 1–2, str. 99–112, 17 il., (nem.)

Visoki koeficijent iskorišćenja opreme na površinskom otkopu (High machine availability on opencast work)  
„Colliery Gvard.", 234(1986) 9, str. 406, 1 il., (engl.)

Benedek, M.: Tehnološke karakteristike otkopavanja na površinskim otkopima mrkog uglja NR Mađarske (Die tagebautechnologischen Eigenheiten des ungarischen Lig-nitbergbaus)  
„Publ. Hung. Cent. Inst. Develop. Mining", (1984) 27, str. 21–24, 2 il., (nem.)

Vasil'ev, M. V.: Korišćenje mobilne opreme na površinskim otkopima rude gvožđa (Primenenie mobil'nego oborudovanija na železorzudnyh kačerah)  
„Aktuel. vopr. otkr. razrab. pri kompleks. osvoenii mestorožd.", Mater. dok. o soobšč. Vses. sovešč., Moskva, 4–6 mart 1986, M., 1986, str. 119–124, 2 tabl., (rus.)

- Timčenko, A. I., Pankevič, Ju. B. i dr.: Kombinovane otkopno—utovarne mašine kontinualnog dejstva i perspektive njihove primene na površinskim otkopima fosfata (Kombinirovannye vyemočno—pogruzočnye mašiny nepreryvnogo dejstvija i perspektivy ih primeneniya na fosfatnyh kar'erah)  
„Aktual. vopr. otkr. razrab. pri kompleks. osvoenii mestorožd.“, Mater. dok. i soobšč. Vses. sovešč., Moskva, 4–6 mart 1986, M., 1986, str. 93–97, (rus.)
- Markov, E. E.: Projektovanje glavnih parametara površinskih otkopa uzimanjem u obzir korišćenja mobilne opreme (Proektirovanie glavnih parametrov kar'erov s učetom ispol'zovanija mobil'nogo oborudovanija)  
„Aktual. vopr. otkr. razrab. pri kompleks. osvoenii mestorožd.“, Mater. dok. i soobšč. Vses. sovešč., Moskva, 4–6 mart, 1986, M., 1986, str. 135–137, (rus.)
- Fedorov, V. G., Barulin, A. I. i Kriger, E. Ju.: Efektivnost izgradnje odlagališta na novim površinama Ekibastuskog ležišta (Efektivnost' stroitel'stva otvalov na novyh ploščad'jah Ekibastuzskogo mestoroždenija)  
„Sdviženie gorn. porod i ohrana sooruz. pri razrabotke mestorožd. polezn. iskopae-myh“, Karaganda, 1986, str. 34–36, (rus.)
- Ljagina, O. I.: Uzimanje u obzir uticaja dinamičkih opterećenja pri izračunavanju parametara stabilnosti kosina (Učet vlijanija dinamičeskih nagruzok pri rasčete parametrov ustojčivosti otkosov)  
„Sdviženie gorn. porod i ohrana sooruz. pri razrabot. mestorožd. polezn. iskopae-myh“, Karaganda, 1986, str. 23–29, 2 il., 5 bibl.pod., (rus.)
- Manera, B. C. i Ramirez, O. P.: Stabilnost etaža na površinskim otkopima uglja (Rotura en dos bloques de los taludes de muro de explotaciones de carbon)  
„Bol. geol. y minero“, 97(1986)3, str. 93–98, 5 il., 6 bibl.pod., (špan.)
- Baklanov, E. V., Amrenov, K. A. i Tjan, D. V.: Automatizacija računskih radova pri osmatranjima deformacija ivica površinskih otkopa (Avtomatizacija vyčislitel'nyh rabot pri nabljudenijah za deformacijami bortov kar'erov)  
„Sdviženie gorn. porod i ohrana sooruz. pri razrab. mestorožd. polezn. iskopae-myh“, Karaganda, 1986, str. 44–50, 5 il., 2 bibl.pod., (rus.)
- Podhajski, M.: Specifični problemi rekultivacije posle obavljanja rudarskih radova (Specifični problemi na rekultivacijata sled proveždane na minni raboti)  
„Bjul. NTI Niproruda“, (1985)1, str. 48–49, (bugar.)
- Kozłowski, H., Idzik, J. i Stolinski, S.: Dobijati mineralne sirovine bez oštećenja okolne sredine (Wydobywać skarby ziemni, chroniac srodkowisko)  
„Ochr. teren. gorn.“, 19(1985)3–4, str. 34–40, 3 tabl., (polj.)
- Alimov, O. D. i Sosnovskij, Ju. M.: Osnove ergonomskih ispitivanja pokretnih rudarskih mašina i neki rezultati njihovog usavršavanja (Osnovy ergonomičeskih issledovanij mobil'nyh gornyh mašin i nekotorye rezultaty ih soveršenstvovanija)  
„Aktual. vopr. otkr. razrab. pri kompleks. osvoenii mestorožd.“, Mater. dokl. i soobšč. Vses. sovešč., Moskva 1986, 4–6 mart, M., 1986, str. 69–76, 1 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)
- Pojar, M. G.: Analiza opreme koja se koristila 1982. g. na površinskim otkopima uglja i u jamama SAD (Surface and Underground Coal Mine Equipment Population, 1982)  
„Inf. Circ. Bur. Mines. US Dep. Inter.“, (1986) 9078, 25 str., 14 tabl., 12 bibl.pod., 3 il., (engl.)
- Furniss, A.: Povećanje kapaciteta draglajna pomoću programiranih kontrolera (Programmable controllers boost trapper Mines's dragline productivity)  
„Coal Mining“, 23(1986)1, str. 41–45, 9 il., (engl.)
- Trubeckij, K. N. i Maksimov, B. M.: Tehnologija utovara rastresitih stena pomoću utovarača na točkovima (Tehnologija pogruzki razryhlyennyh gornyh porod kolesnyymi kar'ernymi pogruzičikami)  
In—t probl. kompleks. osvoenija nedr., M., 1986, 76 str., (rus.)
- Tynterov, I. A., Jakovlev, B. G. i Sadykov, R. G.: Buldozari na točkovima u tehnologiji rudarskih radova (Kolesnye bul'dozery v tehnologii gornyh rabot)  
„Aktual. vopr. otkr. razrab. pri kompleks. osvoenii mestorožd. Mater. dokl. i soobšč. Vses. sovešč., Moskva, 4–6 mart 1986, M., 1986, str. 53–57, 1 tabl., 5 bibl.pod., (rus.)
- Vitjazev, O. V.: O intenzifikaciji primene željezničkog transporta na površinskom otkopavanju (Ob intenzifikaciji primeneniya železodorožnogo transporta na otkrytyh razrabotkah)  
„Ugol“, (1986) 11, str. 27–29, 2 il., (rus.)
- Kiper za površinske otkope nosivosti 24 t (High—Capacity offhighway hauler at U.S. coal mine)  
„Mining J.“, 307(1986)7882, str. 181, (engl.)
- Hčeljan, G. H.: Dinamika razmene masa pri podzemnom izluživanju mineralnih sirovina (Dinamika massobmena pri podzemnom vyščelačivanii poleznyh iskopae-myh)  
„Fiz.—tahn. probl. razrab. polezn. iskopae-myh“, (1986)5, str. 74–79, 5 il., 6 bibl.pod., (rus.)
- Sokolova, M. S.: Razvoj ideja i prakse u podzemnoj gasifikaciji uglja u SSSR-u (Razvitie idej i praktiki podzemnoj gazifikaciji uglja v SSSR)  
„Stanovlenie i razvitie otečestv. gorn. šk.“, M., 1986, str. 87–91, (rus.)
- Dörz, E. i Curstein, G.: Odvoz lokomotivama u rudnicima (General Blumenthal i Westergoff (Die schienengebudene Förderung in Hauptstrecken auf den Bergwerken General Blumenthal und Westerhoff)  
„Glückauf“, 122 (1986) 16, str. 1037–1040, 10 il., 3 tabl., 1 bibl.pod., (nem.)
- Alexander, W. J. i Wilson, K.: Tehničko obsluživanje podzemnog lokomotivskog transporta velike brzine (Maintenance of high speed underground locomotive transport systems)  
„Colliery Guard.“ 234(1986)8, str. 327–328, 330, 5 il., (engl.)
- Dolipski, M., Osadnik, J. i Sobota, P.: Pitanja raspodele snaga pogonskih motora na grabuljastim transporterima na čelima (Zagadnienie rozdzielu mocy

- silnikow napędowych w ściałnowych przenośnikach zgrzeblowych)  
Zesz. nauk. PSI, Gorn.", (1985)130, str. 211–220, 5 il., 23 bibl.pod., (polj.)
- Šapošnik, Ju. N.: Nova šema transportovanja rude utovarno–transportnim mašinama (Novaja shema transportirovanija rudy pogružno–transportnymi mašinami)  
„Kompleks, ispol'z mineral'n. syr'ja", (1986)6, str. 11–13, (rus.)
- Rowland, D. B. i Mellor, K. M.: Izvozne mašine sa automatskim upravljanjem (Winder design philosophy – its effect on maintenance)  
„Colliery Guard", 234(1986)8, str. 352, 356–358, 4 il., (engl.)
- Tang, D. H. Y. i Peng, S. S.: Uzroci i mehanizam kidanja površinske zemlje kod podzemnog otkopavanja uglja (Causes and mechanisms of surface fractures in a central West Virginia coal mine)  
„Mining Sci. and Technol.", 4(1986)1, str. 41–48, 8 il., 1 tabl., 2 bibl.pod., (engl.)
- Deformacija zemljine površine pod uticajem otkopavanja slojeva uglja. Mere za ublažavanje njihovog štetnog uticaja na građevinske objekte (Les degats de surface provoques par les exploitations souterraines de charbon Mesures preventives et correctives pour minimiser les effets)  
„Ind. miner. Mines et carrieres. Techn.", (1986)6, str. 267–282, V–VI, VIII, 53 il., 7 bibl., pod., (franc.)
- Dubejkovskij, S. G., Zajcev, A. S. i Guman, O. M.: Inženjersko–geološko deljenje površinskih otkopa i geometrizacija ležišta rude gvožđa Urala – na primeru Tagilo–Kušvinskog rajona (Inženerno–geološko rasčlanenie razrezov i geometrizacija železornudnih mestoroždenij Urala – na primere Tagilo–Kušvinskogo rajona)  
„IVUZ, Gornyj ž.", (1986)10, str. 26–33, 3 il., 2 bibl.pod., (rus.)
- Dement'eva, M. I., Kagramanjan, N. P. i Bogdašev, V. N.: Kontrola rudničke atmosfere pri radu dizal rudarskih transportnih mašina (Kontrol' rudničnoj atmosfery pri ekspluatácii dizal'nyh gorno–transportnyh mašin)  
„Bezopasn. truda v prom–sti", (1986)10, str. 34, (rus.)
- Knothe, S., Nowak, B. i Szlajak, M.: Uticaj vlažnosti na kretanje vazduha u dubokim ventilacionim oknima (Wplyw wilgotności na przepływ powietrza w głębokich szybach wentylacyjnych)  
„Arch. gorn.", 31(1986)2, str. 289–303, 4 il., 2 tabl., 7 bibl.pod., (polj.)
- Szabo, I., Danko, Gy i Cifka, I.: Banka podataka o jamskoj termodinamici i zahtavi koji se postavljaju za tačnost ulazne informacije (Thermic data bank and precision requirements)  
„Publ. Hung. Cent. Inst. Develop. Mining", (1984)27, str. 69–72, 2 il., 1 tabl., 2 bibl.pod., (engl.)
- Singh, R. N. i Demirbilek, S.: Slojevi opasni na samozapalijavanje uglja (Seams with „Spon Com” risk)  
„Colliery Guard", 234 (1986) 9, str. 418–420, 6 il., 2 tabl., 7 bibl.pod., (engl.)
- Astahov, I. F.: Matematičko modeliranje temperaturnog režima konstrukcija ograde pri požaru (Matematičeskoe modelirovanie temperaturnogo režima ograždajuščih konstrukcij pri požare)  
„IVUZ, Gornyj ž.", (1986) 11, str. 47–49, 1 il., 5 bibl.pod., (rus.)
- Froger, C. E.: Ispitivanja u borbi sa podzemnim požarima u Jamama Francuske (Experience in Fire Fighting in French Underground Mines)  
„Ind. miner. Mines et carrieres. Techn.", (1986) 7, str. 311–316, V, VII, VIII, 7 il., (engl.)
- Subbotin, V. V.: Načini za usavršavanje kontrole prašine u rudnicima uglja (Puti sovršenstvovanija pylevogo kontrolja na ugol'nyh šahtah)  
„I S'ezd gigienistov, epidemiol., infekcionistov Kirgizii, Frunze, 17–18 okt., 1986. Tez. dokl", Frunze, 1986, str. 18–19 (rus.)
- Matvienko, N. G.: Sastav prirodnih gasova iz rudnih ležišta (Sostav prirodnyh gazov rudnyh mestoroždenij)  
„Aktual. probl. rudnič. aerogazodinam.", M., 1986, str. 93–96, (rus.)
- Ševčenko, L. A.: Modeliranje procesa izdvajanja gasova iz otkopavanog moćnog sloja (Modelirovanie procesa gazootdači iz razrabotyvaemogo sloja moćnogo plastja)  
„IVUZ, Gornyj ž.", (1986)11, str. 44–47, 2 il., 1 tabl., 2 bibl.pod., (rus.)
- Batugin, A. S. i Voinov, K. A.: Uporedna ocena tektonsko–fizičke i seizmičke metode za određivanje orijentacije glavnih normalnih napona (Sravnitel'naja ocenka tektonofizičeskogo i seizmičeskogo metodov opredelenija orijentirovki glavnih normal'nyh napraženij)  
„Soveršen. tehnol. sooruž. gorn. vyrabotok", Kemerovo, 1986, str. 102–106, 1 il., 1 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)
- Revalor, R.: Iznenađni izboji u rudnicima uglja Francuske i njihovo sprečavanje (Research methods development in France to master bursting phenomena in coal mines)  
„Mining Sci. and Technol.", 4 (1986)1, str. 9–10, (engl.)
- Motyka, J. i Wilk, Z.: Zona nelinearne filtracije podzemnih voda u blizini jamskih prostorija u masivu raspucalih stena i njena uloga pri prognozi dotoka vode (Zone of nonlinear groundwater flow around mine workings in a karstfractured rock massif and its significance for the reliability of mine water inflow predictions)  
„Arch. gorn." 31(1986)2, str. 417–446, 15 il., 1 tabl., 20 bibl.pod., (engl.)
- Antonov, E. I.: Povećanje efektivnosti rada glavnih uređaja za odvodnjavanje (Povyšenie effektivnosti raboty glavnih vodootlivnyh ustanovok)  
„Ugol' Ukrainy", (1986)8, str. 37, (rus.)
- Sigh G. i Bhatnager M.: Bakterijsko obrazovanje kiselih jamskih drenažnih voda: stvaranje i kontrola (Bacterial Formation of Acid Mine Drainage. Causes and Control)  
„J. Sci. and Ind. Res." 44(1985)9, str. 478–485, 105 bibl.pod., (engl.)

- Nagy, B.: Hidrogeološki uslovi i praksa isušivanja na površinskom otkopu Thorez (A Thorez banyaüzem K-II. Külfeltesenek hidrogeological viszonyai es viztelenites tapasztalatai)  
„Memökeol. szemle”, (1985) 34, str. 103-119, (mađ.)
- Kovalev, E. B.: Analiza putava za intenzifikaciju hlađenja elektromotora mehanizama za dobijanje uglja (Analiz putaj intenzifikacii ohlaždenia elektrodvigatelej ugledobivajuščih mehanizmov)  
„Elektrotehnika”, (1986) 10, str. 46-49, 1 il., 3 tabl., 3 bibl.pod., (rus.)
- Bishop, R. J.: Organizacija remonta rudarske jamske opreme u Velikoj Britaniji (Maintenance of mining machinery in national workshops)  
„Colliery Guard”, 234(1986)8, str. 361-362, 2 il., (engl.)
- Nagaraj, D. R.: Dostignuća u različitim oblastima obogaćivanja mineralnih sirovina (Mineral processing developments outlined for various areas of concentration technology)  
„Mining Eng.”, (USA), 38(1986)9, str. 885-887, (engl.)
- Carbini, P., Ciccu, R. i dr.: Obogaćivanje sitnih klasa niskosortnih ugljeva (Processing fine fractions of low-rank coals)  
„CIM Bul”, 79(1986)892, str. 88-94, 6 il., 5 tabl., 16 bibl.pod., (engl.)
- Gimpl, E.: Obogaćivanje lignita Visonta za električne centrale (Aufbereitung des Lignits von Visonta für Kraftwerkszwecke)  
„Publ. Hung. Cent. Inst. Develop. Mining”, (1984)27, str. 91-99, (engl.)
- Huang, Q. i Li, S.: Ponašanje smeše minerala u spiralnom klasifikatoru (Juse czińšu, Nonferrous Metals), 38(1986)3, str. 27-33, (kines.)
- Frančuk, V. P. i Tomurko, A. A.: Određivanje uglja zahvata vibracionog čeljusnog mlina (Opredelenie uglja zahvata vibracionnoj ščekovoj drobilki)  
„Obogašč. polezn. iskopaemyh”, Kiev, (1986)36, str. 6-9, 3 il., 4 bibl.pod., (rus.)
- Čedži, D. Dž., Uotters, L. A. i Higgins, S. T.: Obogaćivanje u hidrociklonima u teškoj sredini pri krajnje niskoj gustini sredine (Tjaželosrednee obogaščenie v ciklonah pri sverhnikzkoj plotnosti sredy)  
„Progr. 10-go Meždunar. kongr. po obogašč. uglej, Edmonton 1-5 sept. 1986, 4.1”, Edmonton, 1986, str. 55-81, 12 il., 7 tabl., 5 bibl.pod., (rus.)
- Ferrara, Dž., Raff, G. Dž. i Šena, Dž.: Povećanje efektivnosti obogaćivanja uglja primenom dinamičnih višestepenih procesa u teškim sredinama (Povyšenie effektivnosti obogaščeniya uglej putem primenenija dinamičeskih mnogostupenčatych processov v tjaželyh sredah)  
„Progr. 10-to Meždunar. kongr. po obogašč. uglej, Edmonton 1-5 sept. 1986, 4.1”, Edmonton, 1986, str. 15-38, 14 il., 22 bibl.pod., (rus.)
- Panajotov, Vl., Semkov, N. i dr.: Neka ispitivanja na proučavanju uloge kiseonika pri flotaciji sulfidnih ruda (Nekotorye issledovanija po izučeniju roli kisloroda pri flotacii sulfidnyh rud)  
„Obogaščenie rud”, Leningrad, (1986) 4, str. 16-18, 1 il., 2 tabl., 10 bibl.pod., (rus.)
- Antipenko, L. A., Deberdeeva, I. H. i Nazarenko, V. M.: Tehnologija flotacije uglja i teoretske osnove za njeno usavršavanje (Tehnologija flotacii uglej i teoretičeskie predposylki ee soveršenstvovanija)  
„Progr. 10-go Meždunar. kongr. po obogašč. uglej, Edmonton, 1-5 sept. 1986, 4.1”, Edmonton, 1986, str. 82-91, 2 il., 2 tabl., (rus.)
- Wu, X. i Huang, L.: Proučavanje hidroksamnih kiselina pri flotaciji minerala retkih metala (A study of hydroxamic acids for the flotation of rare-earth minerals)  
„New Frontiers Rare Earth Sci. and Appl. Proc. Int. Conf.: Beijing, Sept. 10-14 1985. Vol. 1”, Beijing, 1985, str. 71-74, (engl.)
- Flotaciona mašina sa smanjenom potrošnjom energije (Flotation Cells Show Improved Energy Consumption)  
„Mining J.”, 307(1986)7885, str. 246, (engl.)
- Kaya, M. i Laplante, A. R.: Ispitivanje kinetike periodične i kontinualne flotacije u modifikovanoj laboratorijskoj flotacionoj mašini Denver (Investigation of batch and continuous flotation kinetics in a modified Denver laboratory cell)  
„Can. Met. Quart.”, 25 (1986) 1, str. 1-8, 18 il., 1 tabl., 22 bibl.pod., (engl.)
- Kitikova, L. A., Kokrjakova, V. S. i dr.: Usavršavanje reagentnog režima flotacije šelilita (Soveršenstvovanie reagentnogo režima šelilitovoj flotacii)  
„Cv. metallurgija”, (1986) 9, str. 13-19, (rus.)
- Forsberg, E., Sundberg, S. i Hongxin, Z.: Uticaj različitih postupaka mlevenja na flotabilnost minerala (Der Einfluss verschiedener Mahlverfahren auf die Flotierbarkeit)  
„Neue Bergbautechnik”, 16(1986)9, str. 335-338, 7 il., 4 tabl., 6 bibl.pod., (nem.)
- Predali, J. J. i Bèuvelet, J. P.: Problemi koji se javljaju pri prelasku od laboratorijskih ispitivanja na poluindustrijska kod flotacije polimetaličnih ruda (Problemes posés par le passage du laboratoire au pilote lors de la flotation des mineraux complexes)  
„Ind. miner. Techn.”, (1986)4, str. 136-140, 9 il., 5 bibl.pod., (franc.)
- Jarco, P. i Skala, K.: Razrada tehnologije flotacionog obogaćivanja slovačkih magnezita (Vyvoj flotačnì upravy slovenskych magnezitu)  
„Rudy”, 34(1986)7, str. 183-186, (češ.)
- Ljaskovski, Ja.: Flotacija ugljeva koji se teško flotiraju (Flotacija trudno flotiruemym uglej)  
„Progr. 10-go Meždunar. kongr. po obogašč. uglej, Edmonton 1-5 sept 1986, Č.1.”, Edmonton, 1986, str. 135-163, 14 il., 2 tabl., 43 bibl.pod., (rus.)
- Ciesla, A. i Malcharek, A.: Kretanje čestica u magnetnom polju visokogradijentnog magnetnog separatora (Ruch czastek w polu magnetycznym separatora vysokogradientowego)  
„Arch. elektrotechn.”, 1985 (1986), 34, Nr. 1-2, str. 211-221, 6 il., 1 tabl., 9 bibl.pod., (polj.)

# POSEBNA IZDANJA RUDARSKOG INSTITUTA

## Posebna izdanja

- prof. dr inž. Mirko Perišić:  
„LINEARNI MODELI OPTIMIZACIJE I ODLUČIVANJA U  
RUDARSTVU” 2.000.–
- dr inž. Janoš Kun:  
„POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA LIGNITA” (I i II deo) 1.000.–
- prof. dr inž. M. Grbović – dr mr N. Magdalinović:  
„PROCESNA OPREMA DROBLJENJA I MLEVENJA MINERALNIH  
SIROVINA” 200.–
- prof. dr inž. R. Simić – dr inž. D. Mršović – mr inž. V. Pavlović:  
„ODVODNJAVANJE POVRŠINSKIH KOPOVA” 800.–
- prof. dr Velimir Milutinović:  
„KOMPLEKSNA METODOLOGIJA EKONOMSKE OCENE LEŽIŠTA  
MINERALNIH SIROVINA” 100.–
- prof. inž. Gojko Hovanec:  
„HEMIJSKE METODE KONCENTRACIJE RUDARSTVA SREBRA  
I BAKRA” 1.500.–
- dr inž. Mihailo Lasica:  
„MAGNEZITI JUGOSLAVIJE” 800.–
- „GODIŠNJAK O RADU RUDNIKA UGLJA U 1984. godini”  
(izlazi u II kvartalu 1985.) 10.000.–
- INFORMACIJA C<sub>1</sub>” – Informacija o proizvodnji, zalihama i tržištu uglja  
– izlazi mesečno i daje sliku trenutnog stanja (godišnja pretplata) 5.800.–

# POZIV ZA PODNOŠENJE REFERATA

**21. simpozijum o primeni računara i operacionim  
istraživanjima u industriji minerala  
koji će se održati u okviru**

**Godišnje skupštine Udruženja rudarskih inženjera  
od 28. februara do 3. marta 1989.  
LAS VEGAS, NEVADA, SAD**

Organizacioni komitet Simpozijuma objavljuje poziv za podnošenje referata. Ako želite da podnesete referat za bilo koju od navedenih komisija, molimo vas da dostavite predsedniku odnosno komisije izvod od 100 reči.

Krajnji rok za dostavljanje izvoda je 3. avgust 1987.

Simpozijum će raditi u sledećim komisijama:

- modeliranje ležišta
- ocena i kontrola projekata
- projektovanje i planiranje rudnika
- rad i proizvodnja na rudniku
- projektovanje postrojenja, rad i proizvodnja
- specijalizovani sistemi
- grafička obrada podataka
- integrisani informacioni sistemi
- pomoćni sistemi upravljanja
- organizovanje obrade podataka u rudarstvu

Za sva obaveštenja obratite se na adresu:

**RUDARSKI INSTITUT**  
– redakcija  
Batajnički put br. 2  
11080 BEOGRAD/Zemun

tel.: 198–112



# CALL FOR PAPERS

## 21st Symposium on Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry

To be held in conjunction with

### Society of Mining Engineers Annual Meeting

February 28-March 3, 1989, Las Vegas Nevada

## "Mineral Industry Computing—A Look Into the Future"

<p>The Program Committee for the 1989 21st Conference on Application of Computers and Operations Research in the Mineral Industry (APCOM) has issued a Call for Papers. If you wish to submit a paper for presentation in any of the sessions listed, please send an abstract of 100 words to the chairman listed for that session. Deadline for abstracts is August 3, 1987.</p> <p>The Program Committee for the meeting includes Alfred Weiss, General Chairman, Mineral Systems Inc., 300 Broad St., Box 19745, Stamford, CT 06904-1745, 203-348-0332; Frits P. Agterberg, Geomechanics Section, Department of Energy, Mines, and Resources, Ottawa, ON, Canada K1A 0E4, 613-995-5500; Robert G. Cameron, Dept. of Mining Engineering, Colorado School of Mines, 16th and Illinois Sts., Golden, CO 80401, 303-273-3700; Harrison R. Cooper, Harrison R. Cooper Systems Inc., AMF Box 22014, Salt Lake City, UT 84112, 801-295-2345; Nellie E. Guernsey, Mineral Systems Inc., 300 Broad St., Box 10745, Stamford, CT 06904-1745, 203-348-0332; John Jonkman, Production Systems, Kennecott Computing Systems, 10 East South Temple, Salt Lake City, UT 84133, 801-322-7216; L. Michael Kaas, Office of Regulatory Projects Coordination, US Bureau of Mines, 2401 E St. NW, Washington, DC 20241, 202-634-1117; George S. Koch, Dept. of Geology, University of Georgia, Athens, GA 30601, 000-000-0000; R. V. Ramani, The Pennsylvania State University, 126A Mineral Sciences Bldg., University Park, PA 16802, 814-863-1621; Jean-Michel M. Rendu, Technical &amp; Scientific Systems Group, Newmont Services Ltd., 44 Briar Ridge Rd., Danbury, CT 06810-0310, 203-743-6784; Y. C. Kim, Mining and Geological Engineering Dept., University of Arizona, 235 Mines Bldg., Tucson, AZ 85721, 602-621-6067.</p>	<p>Chairman: Y. C. Kim, University of Arizona, Mining and Geological Engineering Dept., 235 Mines Bldg., Tucson, AZ 85721, 602-621-6067.</p>	<p><b>EXPERT SYSTEMS</b></p>
	<p><b>PROJECT EVALUATION AND CONTROL</b></p> <p>Sessions I and II: Cost and price estimation and projection, cutoff grade evaluation, feasibility studies and risk analysis, planning and control of financial projects.</p> <p>Chairman: R. V. Ramani, The Pennsylvania State University, 126A Mineral Sciences Bldg., University Park, PA 16802, 814-863-1621.</p>	<p>Exploration, mine monitoring/control, process control. Chairman: R. V. Ramani, The Pennsylvania State University, 126A Mineral Sciences Bldg., University Park, PA 16802, 814-863-1621.</p>
<p><b>MINE DESIGN AND PLANNING</b></p> <p>Sessions I and II: Open pit design: advantages and disadvantages of various methods; underground mine design, including use of CAD; long-term and short-term planning; product flow scheduling.</p> <p>Chairman: John Jonkman, Production Systems, Kennecott Computing Center, 10 East South Temple, Salt Lake City, UT 84133, 801-322-7216.</p>	<p><b>GRAPHICS</b></p> <p>Exploration, deposit modeling, mine planning, process control.</p> <p>Chairman: John Jonkman, Production Systems, Kennecott Computing Center, 10 East South Temple, Salt Lake City, UT 84133, 801-322-7216.</p>	
<p><b>MINE OPERATION AND PRODUCTION</b></p> <p>Sessions I and II: Daily ore control; production, scheduling, and reporting; selection and optimal use of equipment; truck dispatching.</p> <p>Chairman: Jean-Michel M. Rendu, Technical &amp; Scientific Systems Group, Newmont Services Ltd., 44 Briar Ridge Rd., Danbury, CT 06810-0310, 203-743-6784.</p>	<p><b>CORPORATE INFORMATION SYSTEMS</b></p> <p>Strategic planning, comptrollership, investment opportunity analysis, marketing/sales.</p> <p>Chairman: Nellie E. Guernsey, Mineral Systems Inc., 300 Broad St., Box 10745, Stamford, CT 06904, 203-348-0332.</p>	
<p><b>DEPOSIT MODELING</b></p> <p>Sessions I and II: Methods of deposit modeling, including but not limited to geostatistics; modeling of geologic controls; estimation of selective minable reserves for feasibility studies, as well as long- and short-term planning; simulation for equipment selection and plant design.</p>	<p><b>MANAGEMENT SUPPORT SYSTEMS</b></p> <p>Sessions I and II: equipment maintenance; inventory control; production information; government information systems: CRIB, MAS, AMAS.</p> <p>Chairman: L. Michael Kaas, Office of Regulatory Projects Coordination, US Bureau of Mines, 2401 E St. NW, Washington, DC 20241, 202-634-1117.</p>	
<p><b>PLANT DESIGN, OPERATION, AND PRODUCTION</b></p> <p>Sessions I and II: Process modeling, process simulation, process control, production reporting.</p> <p>Chairman: Harrison R. Cooper, Harrison R. Cooper Systems, Inc., AMF Box 22014, Salt Lake City, UT 84122, 801-295-2345.</p>	<p><b>ORGANIZATION OF DATA PROCESSING IN THE MINERAL INDUSTRY</b></p> <p>Corporate management of data processing, data processing philosophy and corporate structure, choice of hardware and location, training of end users.</p> <p>Chairman: Jean-Michel M. Rendu, Technical &amp; Scientific Systems Group, Newmont Services Ltd., 44 Briar Ridge Rd., Danbury, CT 06810-0310, 203-743-6784.</p>	

---

**RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD**

izdaje časopis:

**„RUDARSKI GLASNIK“**

(izlazi 4 puta godišnje)

Pretplatna cena:

za preduzeća 5.220.—  
individualno 1.450.—

---



# RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD - ZEMUN

Batajnički put br. 2 tel. 195-112; 198-112. telex 11830 YU RI

---

Na principu inženjeringa, 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 elektromašinske delatnosti i tehničke zaštite
  
- IZGRADNJU OBJEKATA I OPREMANJE POSTROJENJA, NADZOR, PUŠTANJE U POGON, UVOĐENJE 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 I 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. 195-112; 198-112. 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
- PERFORMS CAPACITY OPTIMIZATIONS AND SELECTION OF MOST FAVOURABLE ALTERNATIVE BY USE OF MODERN METHODS AND MATHEMATICAL MODELS

**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 primenjeni u praksi
  - iskustvo i praćenje naučnih dostignuća u svetu
  - savremena oprema garantuju: BRZE

SAVREMENE  
KVALITETNE

usluge iz navedenih delatnosti

---

obratite se na:

POSLOVNICU ZA KONSULTACIJE  
I INŽENJERING U RUDARSTVU

Beograd – Zemun, Batajnički put broj 2

Telefon 195-112; 198-112

(Teleks 11830 YU RI) Poštanski fah 116.

---

RI

---

- 
- 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. 195-112; 198-112 — telex 11830 YU RI

---

RI

---

TEHNIČKI REDAKTOR: MIRA MARKOVIĆ – NASLOVNA STRANA: A. KATUNARIĆ – SLIKA  
NA NASLOVNOJ STRANI: FLOTACIJA (SNIMLJENO U RUDARSKOM INSTITUTU, BEOG-  
RAD) – FOTO: S. RISTIĆ

