



RUDARSKI GLASNIK
YU ISSN 0035 - 9637
UDK: 622

RUDARSKI
GLASNIK

RG

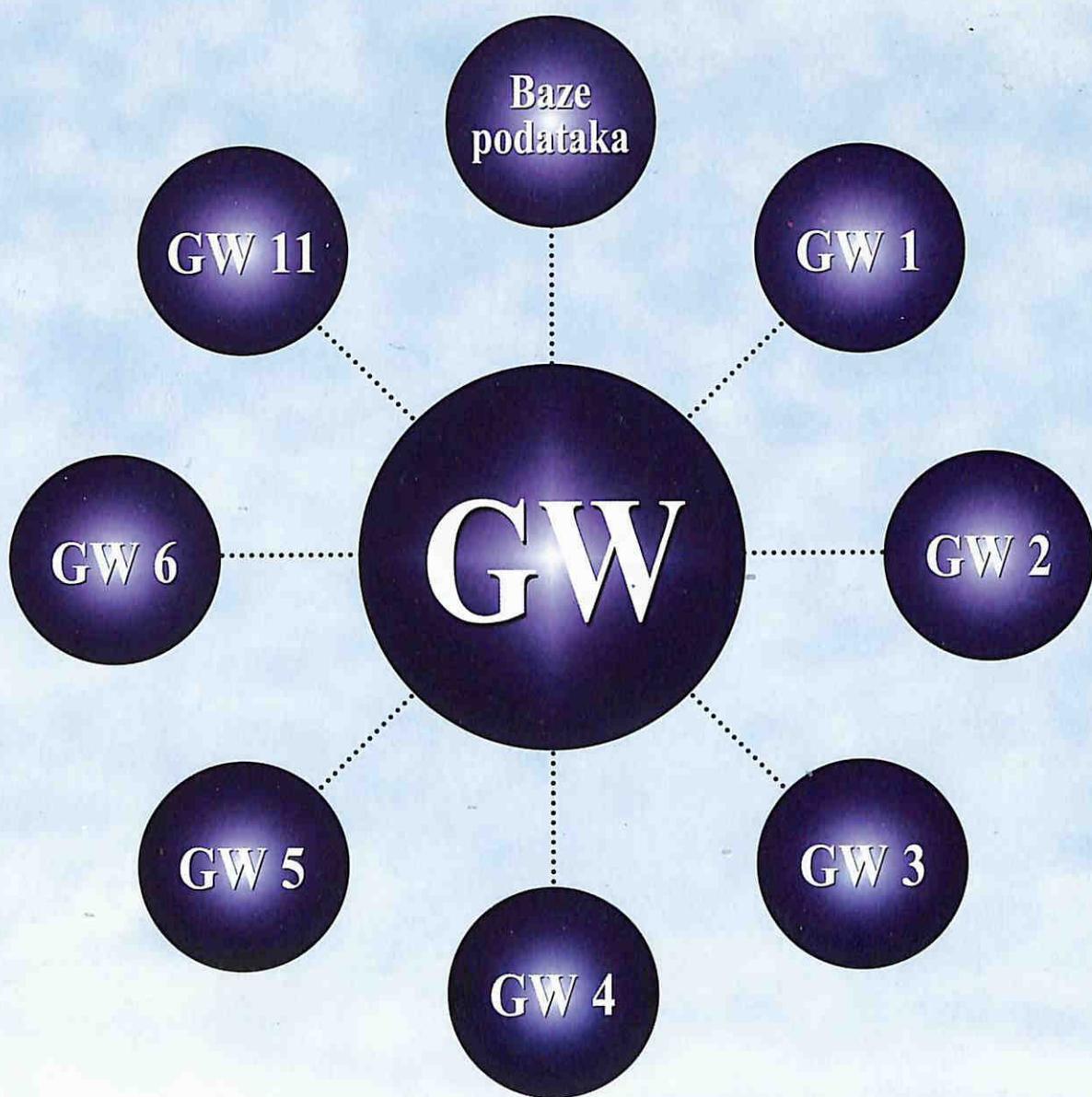
Broj 1-4
1996

BULLETIN OF MINES
BULLETIN DES MINES
ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ
BERGBAUZEITSCHRIFT

100 GODINA
RUDARSTVA U
KOLUBARSKOM
BASENU

PROGRAMSKI PAKET

SPECIJALIZOVANI PROGRAMSKI PAKET SA PRAKTIČNOM PRIMENOM U HIDROGEOLOGIJI



PAKET
GW

PAKET PROGRAMA SADRŽI MODULE:

- GW 1 – Obračun propusnosti i konverzije
- GW 2 – Hemija podzemnih voda
- GW 3 – Probna crpljenja
- GW 4 – Hidraulika i konstrukcija bunara
- GW 5 – Baza nivoa podzemnih voda i nivogrami
- GW 6 – Stubovi bunara i litološki profili
- GW11 – Grafika



RUDARSKI GLASNIK

Glavni i odgovorni urednik:

dr inž. Mileta Simić

Redakcioni odbor:

dr inž. Živorad Lazarević
dr inž. Radmilo Obradović
dr inž. Dragoljub Ćirić
dr inž. Borislav Perković
dr inž. Ljubomir Spasojević
dr inž. Dragoljub Urošević

Redakcija:

Marina Avramov, dipl. fil.
Ivo Cetinić

Izдаваč:

Rudarski institut
Batajnički put br. 2
Beograd

Editor:

Institute of Mines
Batajnički put br.2
Beograd
Yugoslavia

Štampa:

Jantar – Beograd

U finansiranju časopisa
učestvuje Ministarstvo za
nauku i tehnologiju Repub-
like Srbije

V. Živanović	DOSTIGNUTI NIVO I MOGUĆNOSTI DUGOROČNOG RAZVOJA PROIZVODNJE UGLJA I SRBIJI	2
M. Makar	KAKO SMO GRADILI "POLJE D" U KOLUBARSKOM BASENU	5
D. Mršović	OPIS KONCEPCIJSKOG REŠENJA ODBRANE POVRŠINSKOG KOPA "TAMNAVU I" OD PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA	7
M. Vušović, N. Jokić	UTICAJ PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA NA DEFORMACIJE POVRŠINE	18
И. Јаковљевић, Д. Костић	КРИТИЧКА ОЦЕНА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ УГЉА И МОГУЋНОСТИ РАЗВОЈА ПРОИЗВОДНИХ КАПАЦИТЕТА У КОСОВСКОМ УГЉЕНОМ БАСЕНУ	26
D. Crnobrnić, N. Jokić	EKSPLOATACIJA BORNIIH MINERALA NA PODRUČJU BALJEVCA NA IBRU .	31
M. Ljubinović, S. Rađenović	UTICAJ SPECIFIČNIH USLOVA NA EKSPLOATACIJU LEŽIŠTA KREČNJAKA ZA POTREBE FABRIKE CEMENTA "KOSJERIĆ" U KOSJERIĆU	35
R. Obradović	IZBOR METODOLOGIJE ODREĐIVANJA MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA KOJI SE ODLAŽE	38
A. Jočić	KONSTRUKTIVNI PARAMETRI I SNAGA POGONA ROTORNOG TOČKA ROTORNIH BAGERA	44
S. Đokić, M. Canić, I. Simović, N. Kostović	PRIKAZ POSTROJENJA ZA IZRADU PALET-BRIKETA IZ PRAHA SUŠENOG LIGNITA "KOLUBARA" -5+0 mm	50
M. Canić, S. Đokić, N. Kostović, I. Simović	NOVA KONCEPCIJA ODVODNJAVANJA I ČIŠĆENJA UGLJA SA PRVOG EKSPERIMENTALNOG PODVODNOG KOPA "KOVIN"	54
V. Elezović, V. Ivanović, D. Krunić	DEPONOVANJE UGLJA POSTUPKOM SABIJANJA NA VELIKIM DEONIJAMA	60
V. Ivanović, O. Koprivica, V. Elezovuć	ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI POVEĆANJA EFEKATA ZAŠTITE NA RADU NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA "KOLUBARA"	63
M. Ivanović, V. Ivanović, D. Stajević	SADRŽAJ SLOBODNOG SILICIJUM DIOKSIDA U IMISIJI SUSPENDOVANIH ČESTICA U NASTANJENIM PODRUČJIMA	68
N. Jevtić	ANALIZA STANJA ZAGAĐENOSTI VAZDUHA U OKOLINI KOSTILCA	71
M. Pribićević	DINAMIČKI UTICAJ TEŠKIH RUDARSKIH MAŠINA NA KONSTRUKCIJE OBJEKTA	76
J. Вујић	МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ РАСПЛИНУТИХ СКУПОВА (ФАЗИ СКУПОВА) КОД КОРЕЛАЦИЈЕ ГЕОЛОШКИХ СЛОЈЕВА	84
G. Perović, V. Džeparoski	PRECIZNOST DIGITAJZERA	88
S. Vuković	POPIS KNIGA I ČLANAKA O KOMBINOVANOJ (POVRŠINSKOJ I PODZEMNOJ) I POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI STARIH JAMSKIH RADOVA	92

U radu je dat sažet prikaz stanja tehničko-tehnoloških mogućnosti proizvodnje uglja do 2020. godine kao i njihov uticaj na razvoj celokupne privrede, energetike, kao i elektro i mašinogradnje i to pod ekonomski opravdanim uslovima koji bi imali povoljne efekte u smislu održavanja energetske zavisnosti u prihvatljivim granicama.

UVOD

Velike rezerve, povoljne mogućnosti eksplotacije i korišćenje uglja, su od izvanredno velikog značaja za razvoj privrede u Srbiji u dugoročnom periodu, pri čemu se naročito ističu kao veoma bitni sledeći faktori:

Srbija raspolaže prilično velikim rezervama uglja, čije učešće u ukupnim energetskim rezervama iznosi preko 88%;

U strukturi rezervi uglja, daleko najveće učešće ima lignit sa oko 94%, koji se najvećim delom može koristiti za proizvodnju električne energije i toplotne energije;

Gotovo 97% rezervi skoncentrisano je u četiri velika ugljena basena;

Složeni uslovi, dekoncentracija i relativno male rezerve i pored duge tradicije, u sve većoj meri ukazuju na to da podzemna eksplotacija uglja ima sve manji značaj, iako po kvalitetu veoma zadovoljava zahteve tržišta;

Blizu 70% raspoloživih rezervi uglja zahvaljujući povoljnim prirodnim uslovima ležišta, moguće je otkopati putem površinske eksplotacije, uz primenu savremene visokoproduktivne mehanizacije sa kontinualnim radom;

U neposrednoj blizini ugljenih basena moguće je podići industrijske potrošače velikih kapaciteta (termoelektrane, postrojenja za sušenje, gasifikaciju, toplane i druge);

Do sada su aktivirane veoma male rezerve, a ocenjuje se da se kapaciteti proizvodnje, od oko 50 miliona tona svih vrsta uglja u 1990. godini, do oko 2020. godine, mogu podići na oko 120 miliona tona.

Može se reći da stepen istraženosti naših ležišta uglja nije zadovoljavajući za izradu odgovarajuće projektne dokumentacije i za već dobro poznata ležišta. Naime, već duži niz godina vrlo malo se ulaže u istraživanja.

Stvorena je pogrešna slika da i nije potrebno da se ozbiljnije pozabavimo detaljnim istraživanjem već poznatih ležišta uglja. Međutim, najnoviji dogadaji i shvatanja u vezi sa energetskim i drugim potencijalima u svetu uticali su na promenu stava prema energiji uopšte, a posebno prema domaćim izvorima.

UDK: 622.33.011

Pregledni rad

DOSTIGNUTI NIVO I MOGUĆNOSTI DUGOROČNOG RAZVOJA PROIZVODNJE UGLJA U SRBIJI

Vladimir Živanović

Najnoviji dogadaji u svetu očito ukazuju na to da se dugoročno ne može računati sa obiljem nafte i gasa pod povoljnim uslovima. Razvoj nauke i tehnologije i druga kretanja u svetu, upućuju na to da se u snabdevanju energetskim sirovinama treba u najvećoj meri osloniti na sopstvene mogućnosti.

Očigledno da je već sasvim prevazideno shvatanje da sirovine, posebno ugalj kao izvor primarne energije, predstavljaju proizvod niske prerade i niskog organskog sastava. Veliki napredak nauke i tehnologije, sve veća koncentracija proizvodnje, uz uvodenje savremene mehanizacije i automatizacije pojedinih faza i procesa rada, učinili su da se mora sve više voditi računa o nizu složenih faktora koji utiču na sveobuhvatnu ekonomiju razvoja proizvodnje uglja u nacionalnoj privredi. Razvoj proizvodnje uglja, povlači za sobom i intezivan razvoj mašinske i elektro industrije, pored opreme za potrebe proizvodnje i prenosa različitih oblika energije. Zbog toga se, sa pravom, može reći da se ovde međusobno komplementarno odvijaju složeni međugranični tokovi.

Više se me nože smatrati da se ulaganja u ugalj vrlo dugo reprodukuju. To je sektor sa kojim se više mora računati kao veoma propulzivnim u reprodukciji sa visokim intergranskim povezivanjem sopstvenog investicionog ciklusa, sa razvojnim ciklusima niza privrednih oblasti. To znači da razvoj proizvodnje uglja ima znatno širi značaj za razvoj ukupne privrede i ima veliku ulogu u stabilnosti privredovanja i smanjenju zavisnosti.

se omogućilo što duže održavanje kontinuiteta kapaciteta proizvodnje, budući da se za svaki nivo proizvodnje podiže niz infrastrukturnih objekata koji u dužem periodu od jednog ciklusa rudnika može da zadovoljava potrebe proizvodnje. To osim ekonomskog ima i širi značaj, čija važnost se ne bi smela potceniti.

Imajući u vidu da stepen poznavanja ležišta čini osnovu za bliže utvrđivanje mogućnosti razvoja proizvodnje, kao i to da prirodni uslovi na specifičan način utiču na određena ograničenja i rešenja, pored ostalog za dugoročni razvoj ove delatnosti, veoma je važno da se dobro poznaju i zaštite ovi prostori od drugih mogućih namena koje bi poskupele ili onemogućile korišćenje uglja. Ovo je bitno, tim pre što se radi o sirovinama koje nisu obnovljive. Takođe treba povećati i napore da se novim ulaganjem u istraživanja povećava nivo zaštićenih poznatih rezervi i nastojanja da se poveća stepen iskorišćenja uglja pri eksplotaciji ležišta, transportu, transformaciji i korišćenju, za šta kod nas još nije u dovoljnjoj meri razvijen osećaj domaćinskog ponašanja.

RAZVOJ PROIZVODNJE U DOSADAŠNJEM PERIODU

Razvoj proizvodnje uglja bio je vezan za razvoj industrije i proizvodnje električne energije na bazi uglja kao goriva, uglavnom za domaće potrebe. U periodu 1955-1995. godine, proizvodnja uglja se odvijala kao što je prikazano u narednoj tabeli:

Godina	Kameni	Podzemna eksplotacija			Površinska eksplotacija	UKUPNO
		Mrki	Lignite	UKUPNO		
1955	334.4	996.6	269.5	1594.5	1668.6	3263.1
1960	448.3	1352.9	569.7	2370.9	3480.4	5851.3
1965	282.2	1327.6	460.6	2070.4	7596.2	9666.6
1970	269.7	1288.6	315.9	1874.2	9492.1	11366.3
1975	243.4	1112.8	278.8	1635.0	14078.1	15713.1
1980	148.7	909.9	192.4	1251.0	24344.5	25595.5
1985	153.1	828.8	209.8	1191.7	37235.7	38427.4
1990	136.8	643.4	114.6	894.8	42301.9	43196.7
1995	55.3	510.6	96.6	662.5	39083.3	39745.8

Ovo tim pre što je nivo proizvodnje uglja dostigao tek oko 25% od mogućeg obima proizvodnje u periodu do oko 2020. godine. Iako se razvoj proizvodnje uglja do sada bazirao, u značajnoj meri, na uvoznoj opremi, pobudio je veliki interes ostale domaće privrede a naročito industrije, koja je veoma zainteresovana da učini zakret u smislu potpunog opremanja i učešća u razvoju proizvodnje uglja.

Ovde se posebno ističe da je u dugoročnom periodu veoma važno razvijati kapacitete do nivoa na kojem bi

Iz navedenih podataka se vidi da je učešće proizvodnje podzemnom eksplotacijom u značajnom opadanju kod svih vrsta uglja tako da je od oko 1.6 miliona tona u 1955. godini, smanjeno na oko 0.66 miliona tona, u 1995. godini, a kod površinske eksplotacije od oko 1.67 ista je porasla ne oko 39.1 miliona tona, u 1995. godini, pri čemu je praktično dominantno učešće proizvodnje lignita velikih basena (Kolubara, Kosovo, Kostolac).

RAZVOJ PROIZVODNJE U NAREDNOM PERIODU

Na osnovu studija i programa sagledane su mogućnosti razvoja proizvodnje uglja u narednom periodu. Podzemna eksploatacija bi u nekim od postojećih aktivnih i u novim perspektivnim ležištima mogla da udvostruči proizvodnju kvalitetnijih vrsta uglja.

Velike rezerve uglja, koncentrisane u četiri velika lignitska basena, sa povoljnim prirodno rudarsko-geološkim uslovima (velika moćnost slojeva uglja, pretežno male dubine ležišta, blag nagib, mekane prateće naslage pogodne za otkopavanje primenom rotornih bagera velikog kapaciteta, nizak koeficijent otkrivke i dr. povoljnosti) omogućuju pouzdan, racionalan i ekonomski veoma prihvatljiv razvoj proizvodnje uglja u dugoročnom periodu.

U narednom periodu do 2020. godine moguć je razvoj proizvodnje uglja u Srbiji po sledećoj dinamici i po tehnologiji eksploracije, kao što se navodi u narednoj tabeli:

Godina	2000	2005	2010	2020
Podzemna eksploracija	1.0	1.4	1.4	1.4
Površinska eksploracija	53.0	60.0	70.0	120.0
UKUPNO	54.0	61.4	71.4	121.4

Iako su raspoložive rezerve za površinsku eksploraciju uglja veoma atraktivne i predstavljaju vrlo značajan razvojni energetski potencijal sa povoljnim ekonomskim efektima, njihovo racionalno korišćenje uz uvođenje novih tehnologija mora da bude predmet pažnje naše stručne i šire javnosti.

Za razvoj proizvodnje uglja putem površinske eksploracije u našoj zemlji postoje sve objektivne okolnosti koje idu u prilog razvoju ukupne privrede i smanjenju velike energetske zavisnosti i deviznih izdataka za uvoz primarne energije.

SUMMARY:

**ACTUAL COAL PRODUCTION LEVEL
IN SERBIA AND POSSIBILITIES
FOR LONG-TERM DEVELOPMENT**

This report aims to present the actual situation in the coal production industry, considering, at the same time, the technical and technological possibilities for future development until 2020. The author discusses the effects of this production on the entire economy, on power generating industry, electrical and mechanical industries, developed under economically justified con-

ditions which would be able to maintain economical dependencies within acceptable limits.

AUTOR

Dr Vladimir Živanović, dipl. ing. rud.
EPS – Beograd

Otvaranje polja "D" počelo je 1961. godine za kapacitet od 3×10^3 t/godišnje. Posle dve godine uraden je i odobren investicioni program polja "D" za kapacitet od 11×10^3 t/godišnje. Od tada se radovi i nabavka nove mehanizacije odvijaju po pomenutom programu. Kasnije su rađeni programi za povećanje kapaciteta na 15×10^3 t/godišnje i $18,8 \times 10^3$ t/godišnje. Maksimalni realizovani kapacitet iznosi oko $15,0 \times 10^3$ t/godišnje (kapacitet uglavnom zavisi od potrebe TE, sušara, itd.)

Projekat polja "D" je predviđao visok stepen mehanizovanosti sa maksimalnom unifikacijom osnovne opreme, etapnu izgradnju i maksimalnu koncentraciju proizvodnje sa automatizacijom procesa gde god je to bilo moguće. Dakle, u svim elementima projekat je predstavljao najnovije dostignuće u oblasti površinske eksploatacije lignita ne samo u Jugoslaviji već i u Evropi.

Otvaranje polja "D" Kolubara je finansirala sopstvenim sredstvima (amortizacija i deo dohotka) uz korišćenje inostranih kredita za osnovnu opremu.

Do pristizanja nove, visoko kapacitetne opreme, trebalo je izvršiti pripremne radove kako bi se novoj opremi omogućio rad i korišćenje instalisanih kapaciteta.

Pripremni radovi izvedeni su opremom koja je preuzeta uglavnom sa polja "A", pet univerzalnih bagera tipa Škoda od 2,5 (2,0)m³ zapremine kašike, dreglajnom Link-Bel = (1,5m³), rotornim bagerom SchRs-250, sa 10 parnih lokomotiva i oko 100 vagona istresača od 16 m³ uz odgovarajuću dužinu koloseka, prema dinamici otvaranja pojedinih etaža.

OVAKO JE POČELO

Doneta je odluka da se počne sa pripremnim radovima, odnosno sa otvaranjem polja "D" mehanizacijom koju treba prenesti za postojećih polja "A" i "B". Jedan od mojih prvih zadataka u svojstvu projektanta bio je da obidem polja "A" i "B" i da sagledam šta se od mehanizacije može preuzeti, a da se ne ugrozi postojeća proizvodnja.

Obišao sam kopove i nakon sedam dana doneo generalnom direktoru M. Simoviću (kasnije redovni profesor Rudarsko-geološkog fakulteta i osnivač odseka za mašinstvo), situacionu kartu sa obeleženim kolosecima, skretnicama i bagerima i mogućom dinamikom preuzimanja. Upravnici polja "A" i "B" su bili zaduženi da naprave spiskove radne snage koja treba da prede na polje "D".

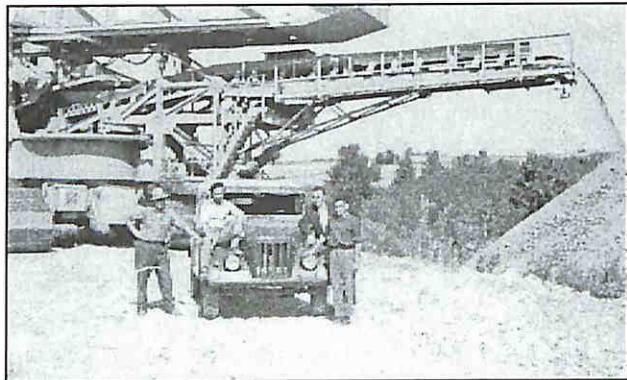
Izrada trasa za polaganje koloseka vršena je buldožerima i bagerom "Link-Bel" (dreglajn), a koloseci su postavljeni odmah kako su zamljani radovi napredovali.

UDK: 622.271:82-94

KAKO SMO GRADILI POLJE "D" U KOLUBARSKOM BASENU

Milivoje Makar

li. Među prvim bagerima pretransportovan je rotorni bager SchRs-250 (KRUPP) i započela je izgradnja platoa etaže 160. Kako koloseci još nisu stigli do kote 160 rotorni bager je, praveći plato, odlagao jalovinu na stranu (slika 1).



Slika 1.

U toku pripremnih radova za dolazak rotornih bagera Srs 1200, transporterja i odlagača A2, RsB-3500 otvorene su etaže na kotama 160, 150, 140 i 130. Izgrađen je glavni izvozni usek koji je išao od ranžirne stanice na povratu uglja (kota ~120). Ova jalovina je išla na odlagalište "Peštan" na kom se radilo dvokrilno visinski i dubinski. Na jednom krilu je radio bager Škoda - 2,5m³, a na drugom buldožeri.

Prve godine (1961) otkopano je 109.300m³ čm otkrivke sa etaže 160. Sledеćih godina proizvodnja je rastała otvaranjem novih nižih etaža da bi 1964. godine prešla 2.000.000 m³ čm. Bagerski kapaciteti su bili oko 3.200.000 - 3.500.000 m³ čm. Transport je bio ograničavajući faktor. Jedna kompozicija je prevozila u proseku oko 70 m³ čm i pravila prosečno 4 ciklusa što za tadašnji vozni park iznosi oko 2,5x10³ čm koliko je i postizano. Da bi se pronašle eventualne slabe tačke u transportu bilo je potrebno snimiti i analizirati transport. U to vreme bio sam honorarni asistent kod profesora Simonovića na IV godini Mašinskog odseka uz dozvolu generalnog direktora Kolubare (M. Tasić) angažovao sam studente IV godine (imali su plaćen stan, hranu i džeparac koji im je omogućio odlazak i provod na moru). Za vreme školskog raspusta studenti su vršili snimanja u periodu od 15 dana po unapred napravljenim formularima. Već u toku samog snimanja primećeno je da se transport poboljšava. Nakon izvršene analize došlo se do zaključka da na mimoilaznicu, na koti 130 treba dodati jedan kolosek (bilo ih je tri) i da na koti 145 treba postaviti dupli kolosek u dužini od 150m. Kao rezultat ovih napora (snimanja su vršena u letu 1966. godine) 1967. godine proizvedeno je 3.257.500m³ čm.

Sklopljeni su ugovori za isporuku velikih BTO sistema teoretskog časovnog kapaciteta 4.500 m³ čm/h, od-

nosno dnevнog kapaciteta oko 35.000 m³ čm. Za tako visoko kapacitetne mašine, tada najveće u Jugoslaviji, trebalo je obučiti i pripremiti kadar.

Napisana su skripta za rukovoce bagera i rukovoce tračnih transporterja. Održani su kursevi. Kurs je trajao oko 3 meseca, a pošto su polaznici kursa radili u tri smene, tako su i kursevi održavani. Oni koji su položili kurs išli su na praktičnu obuku u Nemačku (tadašnji DDR). Po povratku podeljeni su na posade i svaka posada je radila na montaži svog sistema. Nakon završetka montaže sistema, oprema je transportovana i počelo se sa radom. Ovakva priprema kadra se višestruko isplatala. Na polju "D" su postizani i danas se postižu rezultati koji su ravni evropskim, a u odnosu na naše površinske kopove su iznad proseka.

Montažu svih sistema je izvršila montažna grupa polja "D". Prvi sistem je montiran za 12 meseci, a ostali za manje od 12 meseci. Isporučilac opreme je predviđao montazu 14-16 meseci.

Tadašnja centralna radionica nije imala snage da montira ovako krupnu opremu u potrebnim rokovima, ali ja sam se tada obavezaо, na zajedničkoj sednici Radničkog saveta i Kolegijuma Kolubare, da će polje "D" izvršiti montažu. Posao oko formiranja montažne grupe prihvatio je Vladimir Gusev, viši mašinski tehničar koji je preuzeo i rukovodenje i organizaciju montaže. Ova montažna grupa izrasla je kasnije u preduzeće Kolubara-Metal.

Prvi BTO sistem ušao je u pogon 1968. godine. Na polju "D" je u Jugoslaviji prvi put izvršeno testiranje kapaciteta, odnosno dokazan je kapacitet koji je garantovao isporučilac opreme. Dokazivanje kapaciteta izvršeno je u saradnji sa Rudarskim institutom, 1969. godine.

Za vreme pripremnih radova, u toku formiranja etaže diskontinualnom mechanizacijom, montaže sistema i njihovog postavljanja na etaže radila su 4 rudarska inženjera, jedan mašinski i jedan elektro inženjer, a uprava pogona je bila smeštena u jednoj baraci sa ukupno 10 kancelarija. Za inženjere nije postojalo radno vreme. Radilo se koliko je bilo potrebno, a niko nije tražio plaćanje prekovremenog rada.

Danas, kao penzioner, kada prebiram po uspomenama, a radio sam na svim projektima za Kostolac, Kolubaru i Kosovo, najradije se sećam polja "D". A kako i ne bih, to mi je bio prvi i najveći projekat u karijeri. Na njemu sam mnogo naučio ne samo kao projektant, već i kao operativac.

AUTOR

Milivoje Makar, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

Površinski kop Tamnava I smešten je u nizijskom delu Kolubarskog basena i ugrožen je podzemnim vodama koje komuniciraju sa rekom Kolubarom i njegovim pritokama Kladnicom i Vrančinom.

Zaštita kopa realizovana je regulacijom i delimičnim izmeštanjem vodotokova, zaštitnim ekranom, crpnim bunarima kao i sistemom za prikupljanje i evakuaciju vode iz zone eksploracionih radova.

UVOD

P.O. "Tamnava" (sl. 1, 2 i 3) izgraden je da snabdeva ugljem tri termoelektrane - blok VI od 300 MW u TE "Nikola Tesla" - A Obrenovac, Blokove I i II od po 600 MW u TE "Kolubara B". Godišnje potrebe uglja u ovim TE iznosiće pri radu od 6000 h/god, oko 23 miliona tona uglja godišnje. S obzirom na neravnomernosti potrošnje uglja u TE, instalisani kapacitet otkopa iznosi 27 miliona tona uglja godišnje. Otkop se deli na dva eksploraciona polja; Istočno polje, kop "Tamnava I" i Zapadno polje kop "Tamnava II". Izgradnja je etapna. Površinski kop "Tamnava I" je puštena u rad 1978. godine, a "Tamnava II" 1993. godine. (sl. 2)

OPŠTI PODACI

UDK: 622.58:553.087

Pregledni rad

OPIS KONCEPCIJSKOG REŠENJA ODBRANE POVRŠINSKOG KOPI "TAMNAVU I" OD PODZEMNIH I POVRŠINSKIH VODA

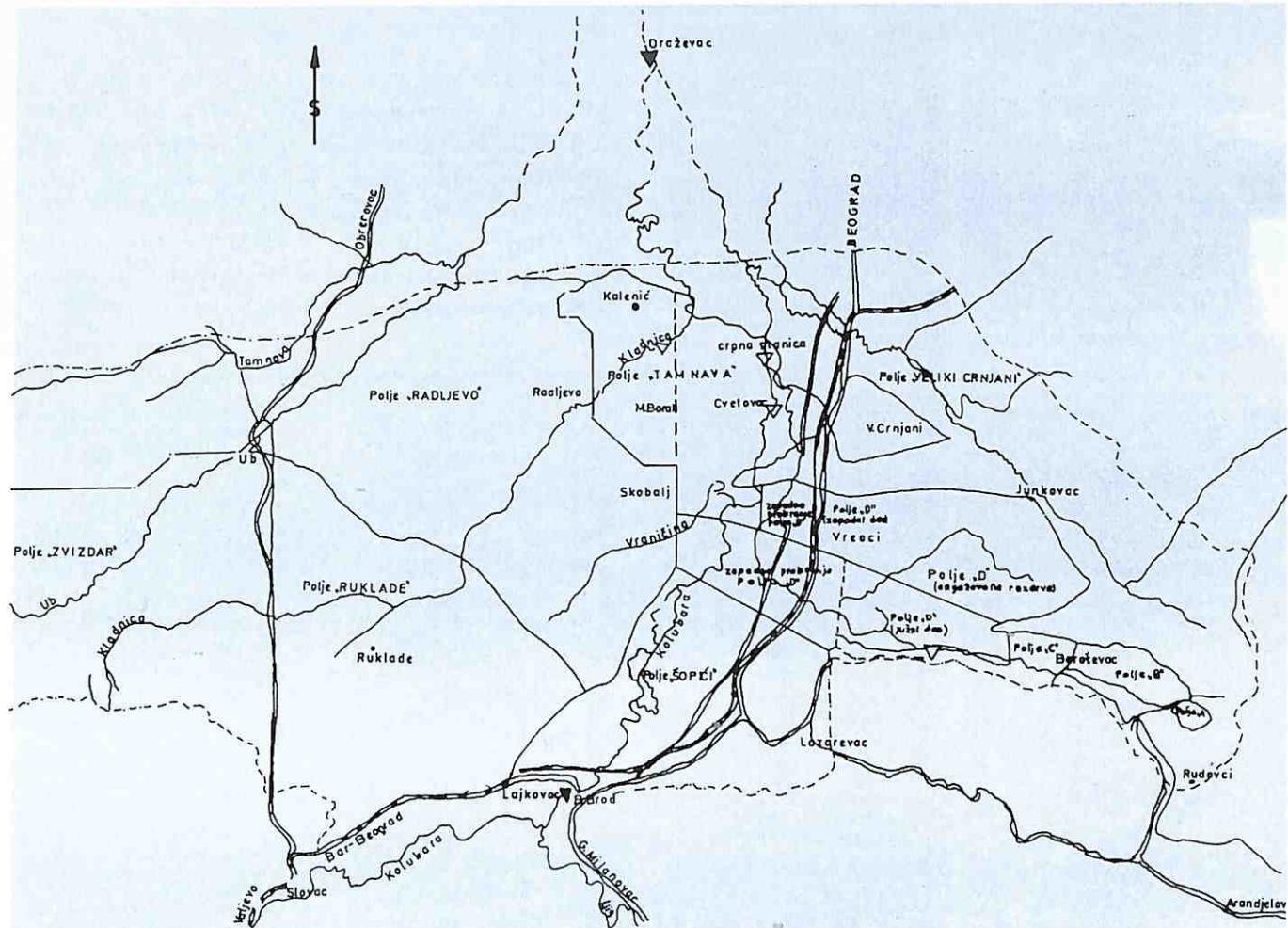
Dušan Mršović

Površinski kop "Tamnava" podeljen je na dva polja - Istočno i Zapadno (sl. 1) i sastavni je deo Kolubarskog ugljenog basena (čija dužina (istok-zapad) iznosi oko 50 km a širina (sever-jug) oko 15 km). Sam otkop "Tamnava" obuhvata 24 km² i cca 620 miliona tona uglja (Istočno polje 233 i Zapadno 387 miliona tona). Kvalitet uglja iznosi u Istočnom polju 7120 KJ/kg, a u Zapadnom 6700 KJ/kg. Otkrivke ima oko 830 miliona m³ čm, od čega u Istočnom polju 170 a Zapadnom 660 miliona. Odnos čist ugalj prema ukupnoj jalovini iznosi u oba polja 1:1,64. U Istočnom polju taj odnos je 1:0,85 a u Zapadnom 1:2,2. Prosečna debljina ugljenog sloja zajedno sa jalovinskim proslojcima u Istočnom polju je 23 a u Zapadnom 28 m, a jalovinskog pokrivača 18 odn. 42 m. Zapreminska težina uglja je 1,17 odn. 1,21 t/m³.

Teren na kome se otkop nalazi je izrazito ravničarski, ispresecan brojnim, malim vodotokovima, koji zbog malog pada izrazito meandriraju. Ovakav teren uslovjava razvoj površinskog otkopa dubinskog tipa.

GEOLOŠKO-HIDROGEOLOŠKI
PRIKAZ SREDINE P.K. "TAMNAVU"

Produktivna serija, u području polja "Tamnava", izgrađena je u podinskom delu od sitnozrnih donjopontskih peskova (Pl₁) debljine cca 100 m (sl.3). Sledеći



Slika 1: Plan prostiranja Kolubarskog ugljenog basena

član je ugljeni sloj složene strukture, sa proslojcima paska i gline, čija prosečna debljina u istočnom delu polja iznosi 23 m, a u zapadnom 28 m. Krovina je predstavljena gornjopontskim ($P1_2^l$) prašinastim glinama i sitnozrnim zaglinjenim peskovima. Debljina ovih sedimenta je u direktnoj zavisnosti od intenziteta erozije i kreće se od 0 m u istočnom delu gde je sasvim redukovana, do 40 m u centralnom i zapadnom delu polja.

Produktivna serija je u celom istočnom polju i severnom području zapadnog polja "Tamnava II" zaplavljena aluvijalnim sedimentima. Srednje i južno područje zapadnog polja "Tamnava" prekriveno je sedimentima jezerske terase. Aluvijalni sedimenti i sedimenti jezerske terase su u podinskom delu izgrađeni od slojeva šljunkova i peskova preko kojih leže kvartarne gline.

Hidrološki kolektori u području površinskog kopa "Tamnava I" su pliocenski peskovi (donji pont) u podini ugljenog sloja i u ugljenom sloju. Debljina peskova u podini iznosi max. 100 m. Sloj glinovitih peskova u ugljenom sloju, čije je prostiranje ograničeno, ima debljinu od 2 do 7 m. U krovini ugljenog sloja hidrogeo-

loški kolektor je predstavljen kontinualnim slojem aluvijalnih šljunkova i paska čija je debljina od 2 do 10 m, prosečno oko 5 m.

Utvrđeno je da se ugljeni sloj, debljine 10-25 m, poнаша kao hidrogeološki izolator. Neposredno preko ugljenog sloja leže prašinaste gline debljine od 0 do 27 m koje takođe imaju karakteristike hidrogeokoških izolatora. Kao treći hidrogeološki izolator javlja se kontinualni sloj na površini terena izgrađen od kvartarnih gline debljine oko 5 m.

U pratećim hidrogeološkim kolektorima formirane su dve izdani i to:

- izdan u donjem pontu (u podini),
- izdan u aluvijonu (u krovini).

Izdan u donjem pontu je subarteska, a njena je izolatorska krovina određena podinom ugljenog sloja. Kretanje vode u ovoj izdani ide od jugozapada ka severoistoču. Prihranjuvanje podinske izdani vrši se u zapadnom i jugozapadnom delu Kolubarskog basena, van područja polja "Tamnava". Pražnjenje ove izdani obavlja se u severnom i severoistočnom delu polja gde je uspostavljeno

na hidraulična veza podinske i aluvijalne izdani, što se vidi i sa profila I-I' i II-II' u prilogu 2. Na osnovu rezultata probnih crpenja na više lokacija određene su hidrogeološke karakteristike podinske vodonosne sredine. Koeficijent filtracije se kreće u dijapazonu od $0,5 - 5,0 \times 10^{-5}$ m/sec, vodoprovodnost od $0,4 - 1,4 \times 10^{-3}$ m/sec, a vodoizdašnost iznosi 0,18. Sve ukazuje na relativno homogenu sredinu.

Aluvijalna izdan je formirana u neprekidnom sloju šljunkova i peskova koji se prostiru u širokoj dolini reke Kolubare i njenih pritoka. Prihranjivanje ove izdani se vrši infiltracijom od padavina kroz korita reka. U gornjem toku Kolubara i njene pritoke direktno napajaju aluvijon, a dreniraju ga u svom donjem toku. Korito Kolubare kako staro tako i novo, regulisano, nalazi se u sloju šljunkova, što znači da postoji neposredna veza aluvijalne izdani sa površinskim tokovima (profil II-II', slika 3.). U području hidrauličnih veza dolazi do izjednačavanja pijezometrijskih nivoa sa nivoom izdani u aluvijonu. S obzirom da je aluvijon heterogenog sastava to se i hidrogeološki parametri javljaju u širem rasponu. Koeficijent filtracije se kreće od $3,1 \times 10^{-5}$ m/sec do

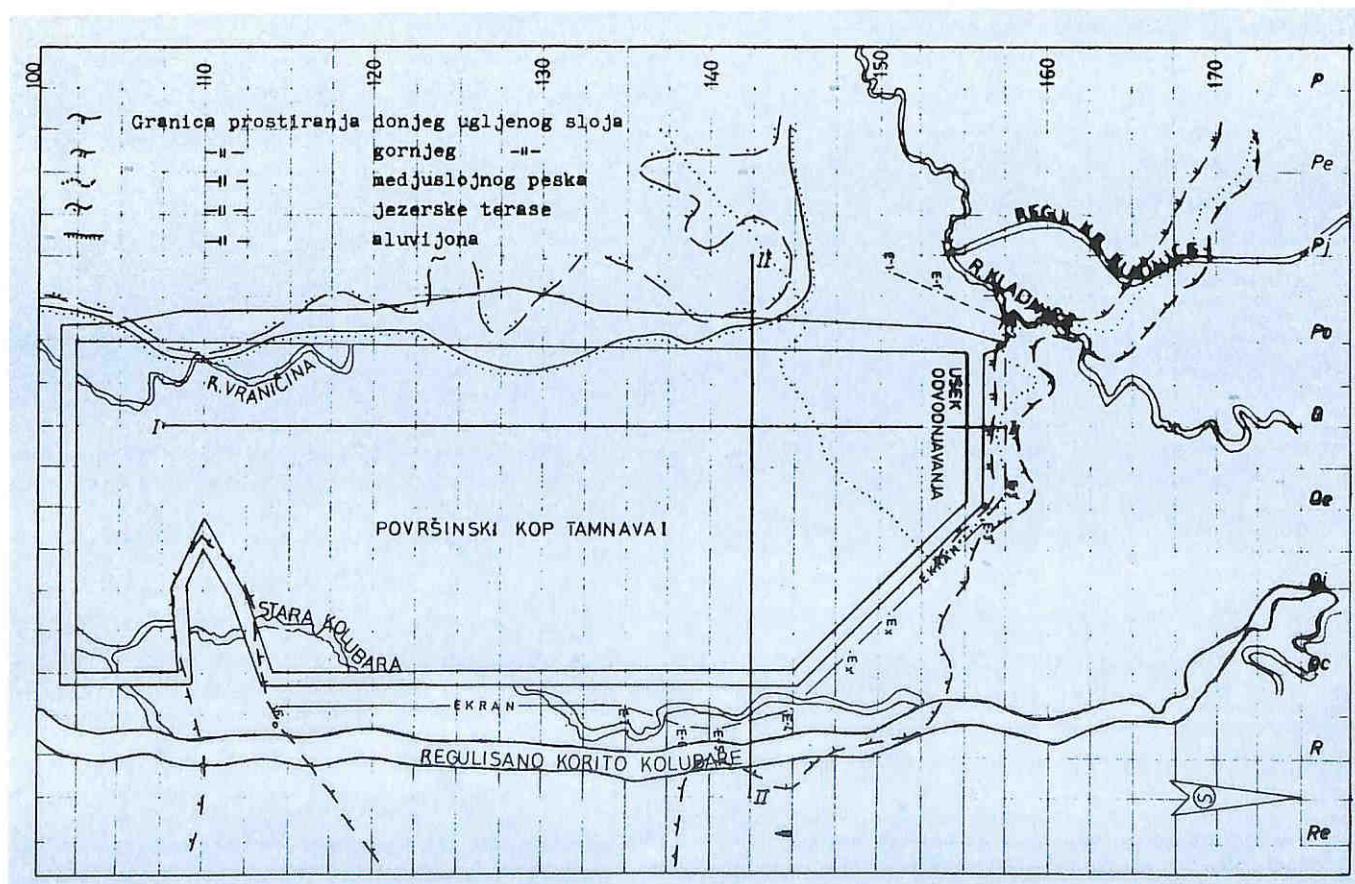
$3,0 \times 10^{-2}$ m/sec. Vodoprovodnost je od 2×10^{-3} do $2,7 \times 10^{-2}$ m²/sec, a vodoizdašnost 0,2.

HIDROLOŠKI USLOVI

Slivno područje reke Kolubare sa pritokama (Tamnavom, Ub, Kladnicom, Peštan, Ljig i dr.) karakteriše se naglim spuštanjem terena u gornjim tokovima i prelaskom u relativno nisku dolinu, koja se širi od juga ka severu, spajajući se sa dolinom reke Save i Panonskom nizijom. Ovakav položaj područja, sobzirom na otvorenost prema severu, omogućava prodror vazdušnih masa iz pravca severa, što uslovjava izvesnu specifičnost u pogledu klimatskih karakteristika područja. Uopšteno, ovo područje se karakteriše umereno-kontinentalnom klimom.

Slivno područje reke Kolubare se može uvrstiti u umereno-humidne oblasti sa srednjim godišnjim količinama padavina od cc 705 mm. Izuzetno sušne 1961. godine na ovo područje je pao oko 550 mm, a vrlo vlažne 1955. godine oko 1200 mm atmosferskih taloga.

Maksimalne količine padavina na ovom područjujavljaju se u poslednjem prolećnom i prvim letnjim mesecima, a najniže srednje mesečne količine padavina javljaju se u mesecu oktobru.



Slika 2: Površinski kop TAMNAVА I

OTVARANJE I EKSPLOATACIJA POVRŠINSKOG KOPA "TAMNAVА I"

OTVARANJE ISTOČNOG POLJA

Ovo polje je ograničeno, ima pravilnu geometrijsku figuru (sl.2). Kop se otvara iz useka odvodnjavanja koji je izgrađen na severnoj strani ograničenog prostora. Usek dužine oko 1000 i širine 20 m u dnu izrađen je bagerom dreglajnom tipa EŠ 10/70. Otvoreni prostor zahvata premine oko 700.000 m³ iskorušen je da se u fazi otvaranja postavi etažna traka za formiranje BTO sistema i omogući bageru glodaru silazak na krovinu uglja i otkopavanje otkrivke. Otkrivka se prevozi transporterima širine 1600 mm koji rade u sistemu bager-traka-odlagać.

OTKOPAVANJE OTKRIVKE

Veoma povoljni odnos ugljenog sloja i otkrivke i mala moćnost jalovinskog pokrivača, omogućavaju otkrivanje ugljenog sloja samo sa jednim bagerom glodarom SchRs 900.25/6 (Orenstein Koppel) i bagerom dreglajnom EŠ 10/70 sovjetske proizvodnje.

Unutrašnje odlagalište formira se preko odloženih masa peska iz jalovinskog proslojka koji se selektivno otkopava i pomoću samohodne trake direktno prebacuje u otkopani prostor. Visina odlagališta iznosi 40-45 m

pri čemu visinska etaža ne prelazi 20 m. Generalni ugao kosine je između 16-18°.

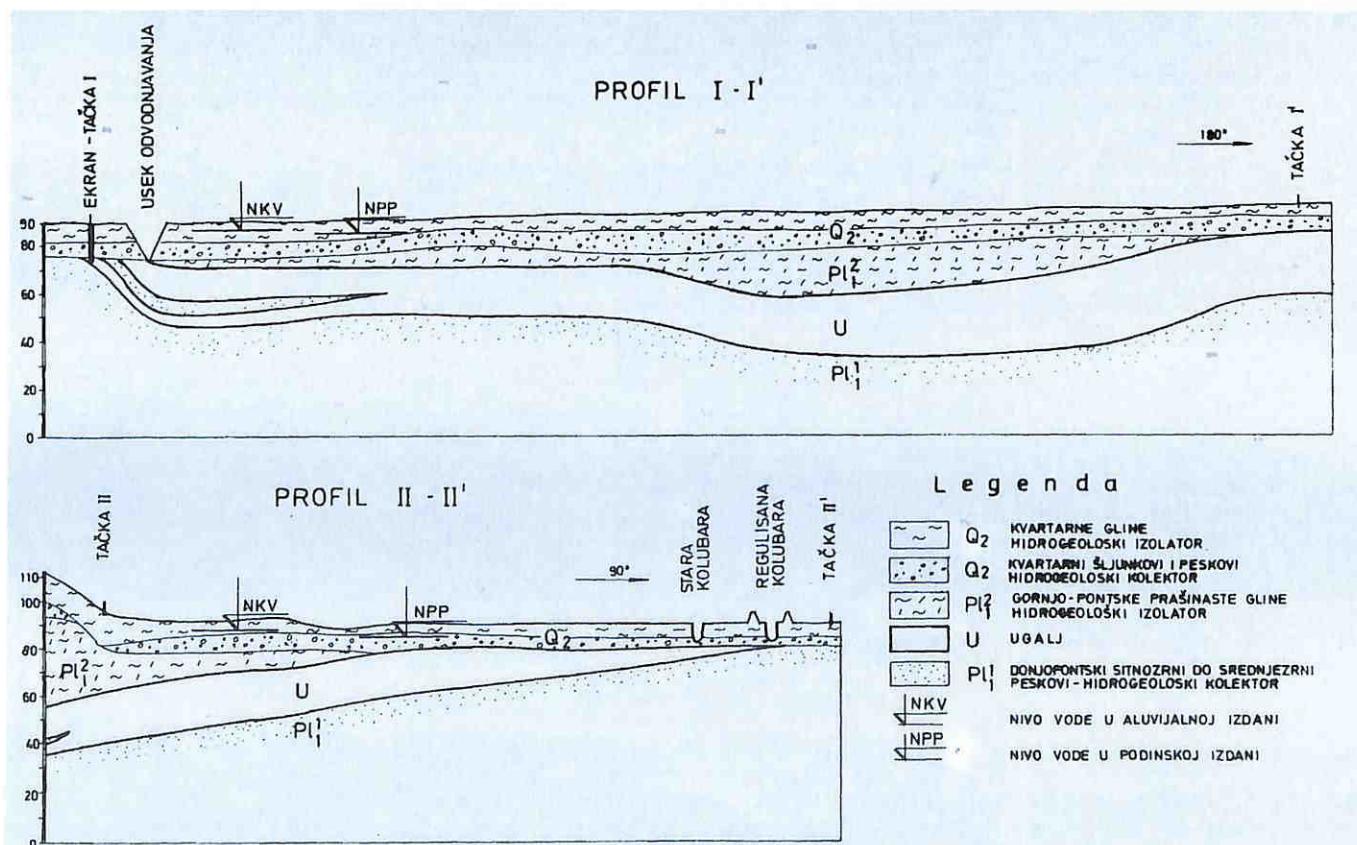
OTKOPAVANJE UGLJA

Ugljeni sloj, u severnom delu ograničenog za eksploataciju prožet je jednim moćnim proslojkom peska (max. 7,4 m, prosečno 5,3 m). Na krovinu ugljenog sloja ističe voda iz krovinske izdani, te se mora rešiti njeno prikupljanje i odvođenje, kako se ne bi remetila tehnologija otkopavanja. Ugljeni sloj otkopava se u dve etaže sa bageom glodarom SchRs 630.25/6, bagerom vedričarom ERs 1000/20. Na uglju je ugrađeno 4,4 km etažnih i 3,0 km sabirnih transportera.

OPIS ODABRANOG NAČINA I SISTEMA ODBRANE POVRŠINSKOG KOPA OD POVRŠINSKIH VODA

U cilju održevanja uslova za otvaranje i eksploataciju površinskog kopa "Tamnava" kao i radi zaštite pratećih objekata moralno se pristupiti rešavanju pitanja obrane od površinskih voda.

- Rešenje odbrane od površinskih voda u površinskom kopu "Tamnava I" sastoji se od:
- izmeštanja i regulisanja rečnih tokova: Kolubare, Kladnice i Vraničine (sl. 2),



Slika 3: Profili površinskog kopa TAMNAVА I

- prihvatanja i odvođenja površinskih (atmosferskih) voda iz slivnih područja, van radnog područja da ne bi ugrozile radnu zonu površinskog kopa (sl. 4),

- prihvatanje i odvođenje površinskih (atmosferskih) voda iz zone radnog dela površinskog kopa (sl. 4),

- prikupljanje isteklih voda iz kolektora podzemnih voda u radnom području površinskog kopa i njihovo odvodenje u stalne tokove (regulisana rečna korita) (sl. 4).

Izmeštanje rečnih tokova Kladnice, Kolubare i Vraničine izvršeno je još u pripremnoj fazi (sl. 2). Novi rečni tokovi su postavljeni dovoljno daleko od eksploracionih granica površinskog kopa. Novoizrađena rečna korita su dimenzionisana da prime hiljadugodišnje vode. Između novoga korita reka i granica kopa izgrađeni su dovoljno sigurni nasipi radi sprečavanja izlivanja reka u zonu površinskog kopa.

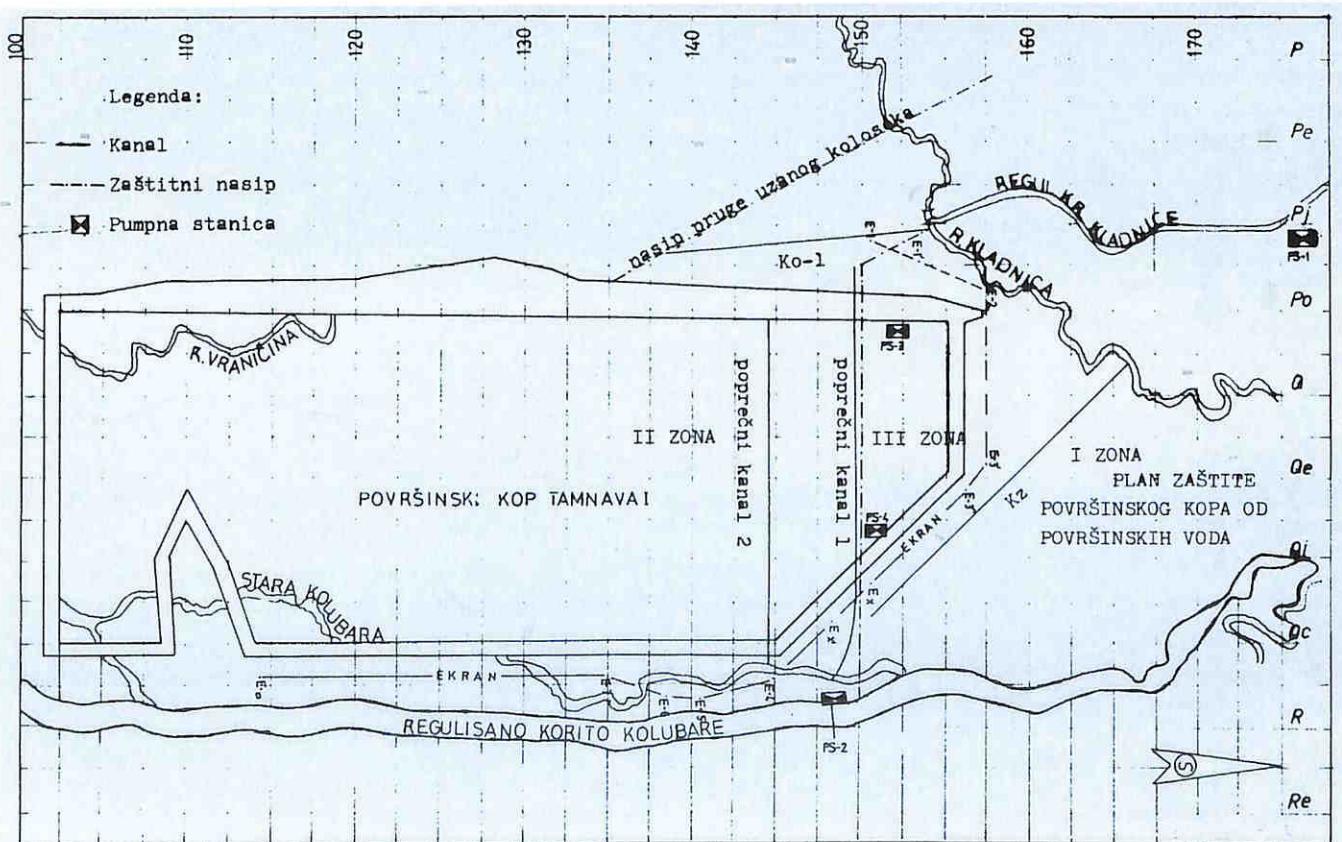
ODVODNJAVANJE SLIVNIH PODRUČJA KOJA GRAVITIRAJU RADNOJ ZONI POVRŠINSKOG KOPA "TAMNAVА I"

Obrana od atmosferskih voda sa slivnih područja koje gravitiraju eksploracionom području je prilično jednostavna. Naime, kako je eksploraciono područje

površinskog otkopa "Tamnavа I" sa severa ograničeno nasipom industrijske pruge Vreoci - TE "Nikola Tesla" kod Obrenovca, sa istoka levoobalnim nasipom izmeštenog i regulisanog korita reke Kolubare i sa juga levoobalnim nasipom izmeštenog i regulisanog korita reke Kolubare i levoobalnim nasipom izmeštenog korita reke Vraničine, to sa tih strana ne postoji mogućnost doticanja voda od atmosferskih padavina. Ta mogućnost postoji jedino sa uskog pojasa pobrđa jezerske terase uz zapadnu granicu, mada je eksploraciono područje jednim delom zaštićeno nasipom bivše pruge uzanog koloseka, a sada putem Obrenovac-Lajkovac i desnoobalnim nasipom izmeštenog i regulisanog korita reke Kladnice.

Prema tome, od objekata zaštite od voda sa slivnih područja, zapadno od granice izrađen je kanal pored puta Lajkovac-Obrenovac od pobrđa do mosta na Kladnici sa zatvaranjem svih propusta na toj deonici puta. Što se tiče ostalog dela zapadne granice eksploracionog područja, ne predviđa se izrada posebnih objekata obrane od površinskih voda.

Zaštita sa južne strane radnog područja površinskog otkopa od voda (atmosferske padavine) koje se formiraju na eksploracionom području, sastoji se u izradi prečnih kanala (PK) sa nasipom prema radnom području



Slika 4: Plan zaštite površinskog kopa od podzemnih voda

ju po celoj širini polja, tj. od nasipa puta Obrenovac-Lajkovac, odnosno pobrda uz zapadnu granicu, do levoobalnog nasipa izmeštenog i regulisanog korita reke Kolubare tj. do pumpne stanice PS-2. U blizini levoobalnog nasipa izmeštenog i regulisanog korita reke Kolubare, ili uz isti (što zavisi od uslova terena) biće postavljena pumpna stanica PS-2 za odstranjivanje vode iz poprečnog kanala van štićenog područja. Time se postiže najracionalnija odbrana radnog područja od povremenih površinskih voda, koje se formiraju na južnom delu eksploatacionog područja. Povoljna okolnost u ovom slučaju je što teren generalno pada prema radnom području; pa se sve vode od atmosferskih padavina sa eksploatisanog područja, koje zahvata znatnu površinu, gravitaciono sливaju prema poprečnom kanalu. Nasip uz poprečni kanal omogućava stvaranje akumulacionog prostora za vode od atmosferskih padavina, tako da radno područje površinskog kopa nije ugroženo.

Kod zaštite od površinskih (atmosferskih) voda područja severno od otvorene tačke, odnosno radnog područja, povoljna okolnost je što teren generalno pada prema severu, pa samim tim radno područje nije ugroženo od ovih voda. Međutim, u cilju zaštite pratećih objekata (industrijski krug, montažni plac i dr.) koji su locirani u ovom području, izrađen je sistem kanala za odvođenje vode. Kako je najniži teren na području u blizini spajanja desnoobalskog nasipa izmeštenog i regulisanog korita reke Kladice i nasipa industrijske pruge Vreoci - TE "Nikola Tesla", to je na ovom delu postavljena pumpna stanica PS-1. Rešenjem zaštite od površinskih (atmosferskih) voda izvedeno je zatvaranje svih propusta u nasipu industrijske pruge Vreoci - TE "Nikola Tesla", kako se, u slučaju pojave velikih voda reke Kolubare, one ne bi vraćale kroz propuste u branjeno područje.

ZAŠTITA RADNOG DELA POVRŠINSKOG KOPA "TAMNAVА I"

Zaštita otvorenog dela površinskog otkopa je najsloženije. Projektima je predviđeno i ostvareno ostavljanje jednog pojasa širine cc 80 m, uz trasu transportera za odvoz uglja iz polja, koje se ne zapunjava jalovanom. U tom pojasu je izrađen kanal za prihvatanje, kako voda iz sistema horizontalne drenaže, kao odbrane unutrašnjeg odlagališta od voda, tako i atmosferskih voda i voda iz drenažnih kanala, rađenih u padinskom hidrogeološkom kolektoru uz donju ivicu donje ugljene etaže, s obzirom da se generalni pad podine kreće pravecm SI-JZ. Međutim, konfiguracija podine na delu ležišta koji će se eksplorati u početnom periodu je takva, da ne omogućava takvo rešenje u početnoj fazi. Naime, razlika između kote podine na području uz transportnu trasu i kote na najnižem delu dostiže i do 6 m. Usled toga će, privre-

meno, sabirni kanal i pumpna stanica PS-3 morati da se postavljaju na najnižem delu i pratiće otkopni front, a ostali objekti odvodnjavanja (drenažni rovovi, drenažni kanali) moraće da se uvode u sabirni kanal. Međutim, i dalje će morati da se ostavi pojaz uz transportnu trasu, koji se neće zapunjavati jalovinom, zbog odbrane unutrašnjeg odlagališta od voda sa dodatnom pumpnom stanicom PS-4.

Osim pumpne stanice PS-3 i PS-4 u otkopnom prostoru postavljaju se pokretne pumpne stanice PS-3-1 na platou krovine ugljenog sloja, kojom će se odstranjavati vode koje isteknu iz krovinskog hidrogeološkog kolektora i vode od atmosferskih padavina sa platoa etaže i okolnog terena. Prikupljene vode će se prebaciti u obodne kanale i oticati dalje u rečne tokove.

Kao što se iz navedenog vidi, zaštita površinskog otkopa sastoji se uglavnom, od izrade kanala radi gravitacionog odvođenja vode sa branjenih područja, i postavljanja pumpnih stanica sa pumpama za odstranjivanje vode van branjenog područja.

U cilju jasnijeg i jednostavnijeg prikaza tehničkog rešenja odbrane površinskog otkopa od površinskih (atmosferskih) voda, izvršiće se podela eksploatacionog područja površinskog otkopa na zone, i to:

I zona - teren severno od otvorene tačke, gde su smešteni prateći objekti (industrijski krug, montažni plac, ranžirna stanica i dr.), štiti se pumpnom stanicom PS-1.

II zona - teren južno od poprečnog kanala, odnosno, radnog područja površinskog otkopa, štiti se pumpnom stanicom PS-2.

III zona - radno područje površinskog otkopa, štiti se pumpnim stanicama PS-3 i PS-4.

OEČKIVANI PRTOCI VODE U ZONE ODVODNJAVANJA

Pumpne stanice i kanali su dimenzionisani prema količinama voda koje se moraju sprovesti i otkloniti iz branjene zone.

Pumpnom stanicom PS-1 brani se zona I tj. sve količine površinskih voda iz ove zone skupljaju se u pumpnoj stanci PS-1 i prebacuju u regulisano korito reke Kladnice. U zoni I postoji čitav niz kanala kojima se odvodi voda do pumpne stanice PS-1. Prilikom dimenzionisanja pumpi pošlo se od verovatnoće stogodišnjih padavina, a prema tome su dimenzionisani i objekti za prikupljanje površinskih voda. Pri tome su predviđeni prostori za akumulacije od cc 24 časa za koje vreme je potrebno ispumpati prikupljene količine vode. Protok u PS-1 je cc 95.000 m³, u PS-2 je cc 253.900 m³, a u PS-3 i PS-4 je stalni i kreće se od 3,5 - 10,5 m³/min..

OPIS ODABRANOG NAČINA I SISTEMA ODBRANE POVRŠINSKOG OTKOПA OD PODZEMNIH VODA

Hidrološko-hidrogeološki uslovi u rejonu ležišta P.O. "Tamnava" zahtevaju kombinovanu pripremu metoda odbrane kopa od podzemnih voda. Pri tome su od znatnog uticaja sledeći faktori:

- Kroz sredinu PO protiče reka Kolubara (sl. 2)
- Reka Kolubara se izmešta istočno od granice površinskog otkopa
- Novo, izmešteno korito reke Kolubare je na min 250 m od istočne granice otkopa
- Korito reke Kolubare je direktno prosečeno u aluvijalne naslage ležišta uglja, koje čine direktnu krovinu (sl. 3)
- Površinski kop leži u aluvijalnim naslagama koje su veoma vodonosne
- Podinu ugljenog sloja čine srednjezrni i sitnozrni vodonosni peskoviti
- Po severozapadnom obodu kopa protiče reka Kladnica
- Reka Kladnica se izmešta van zone površinskog otkopa

- Ugljeni sloj je delimično raslojen sa prašinastim i sitnozrnim peskovima koji su vodonosni

- U središnjem delu je u direktnoj krovini uglja gornjo-pontska serija (sl. 3)

- Zadržavanje postojećeg hidrološkog i hidrogeološkog režima, van zone površinskog kopa po fazama razvoja

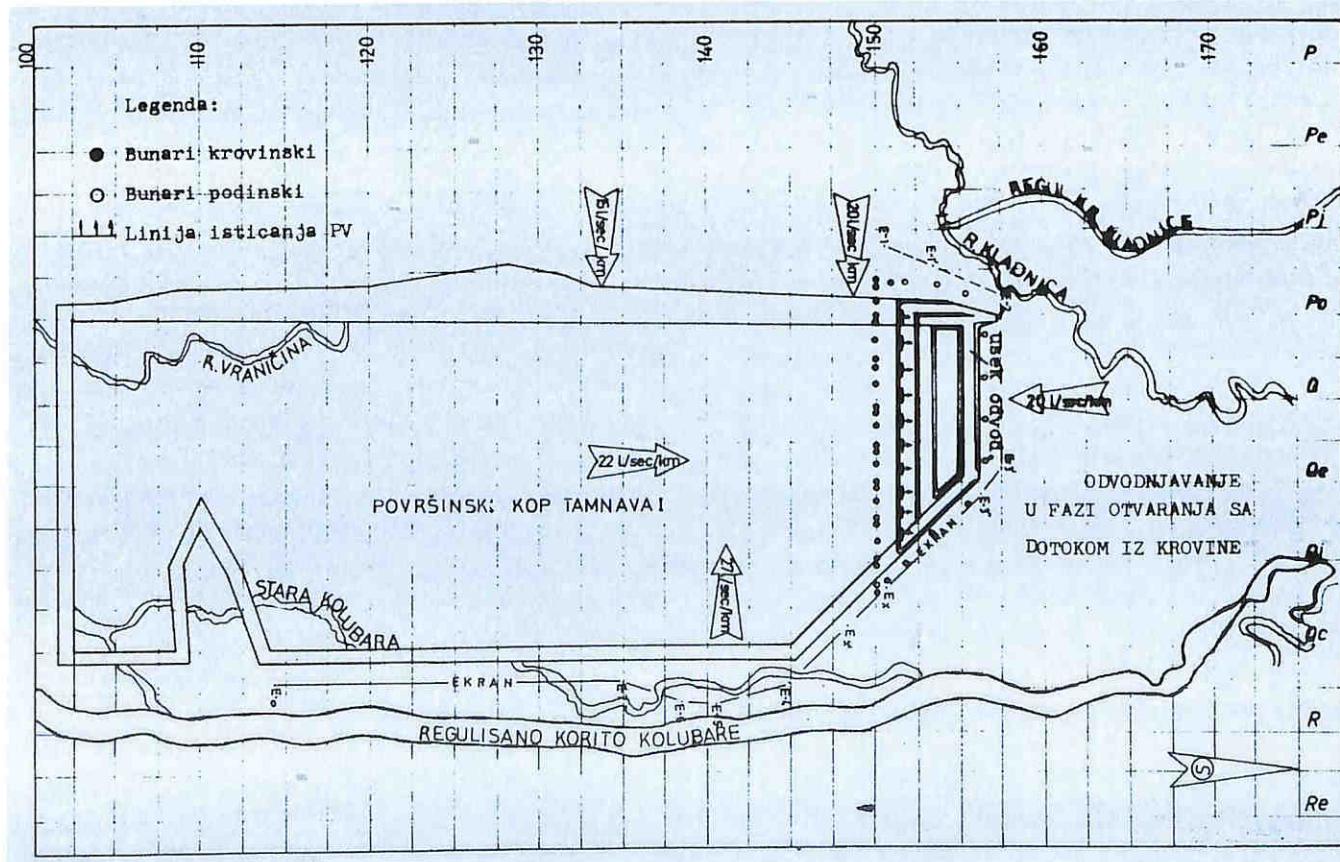
- Obezbeđenje stabilnosti površinskog otkopa
- Obezbeđenje dinamike proizvodnje uglja
- Izabrano tehničko rešenje sa aspekta troškova treba da se kreće u dozvoljenim granicama

Uzimajući u obzir sve ove uticaje na izbor osnovne koncepcije, pristupilo se rešavanju problema i to savremenim naučnim metodama kroz studijske analize.

Sve studijske analize o odbrani otkopa od podzemnih voda utvrdile su da je najpovoljnije slediće tehničko rešenje.

Osnovne koncepcije tehničkog rešenja sastoje se od:

- Izmeštanje reka Kolubare i Kladnice van granice površinskog otkopa (sl. 2).
- Izrada dijafragme kao zaštite zone otvaranja kopa od infiltracije podzemnih voda u krovinsku i međuslojnu izdan (sl. 2).
- Izrada useka predodvodnjavanja u zoni otvaranja.



Slika 5: Odvodnjavanje u fazi otvaranja sa dotokom iz krovine

- Primene kombinovanog načina spuštanja nivoa krovinske podzemne vode putem useka i bunara (sl. 4).
- U kasnijoj fazi izrade useka predvodnjavanja za krovinsku izdan i samo isticanje na krovini ugljenog sloja.
- Producavanje ekrana ispred otkopanog fonta za 500 - 1000 m.
- Samoisticanje podinske izdani u potkopanom prostoru sa izradom kanala u podini ugljenog sloja.
- Izrada pumpne stanice (PS-3, odnosno PS-4).

Koncepcjsko rešenje odbrane otkopa od podzemnih voda sastoji se od niza objekata za odvodnjavanje koji mogu jednovremeno da se koriste za dreniranje dve ili više vodonosnih serija (bunari krovinsko-podinsko-međuslojni). U početnoj fazi projektovano tehničko rešenje zaštite površinskog kopa je većim delom realizovano.

REŽIM PODZEMNIH VODA I UTICAJ POVRŠINSKIH TOKOVA NA REŽIM

Iz analize hidrogeoloških uslova u zoni PO "Tamnava I" utvrđeno je da se zone prihranjivanja svih izdani generalno nalaze na jugozapadu i zapadu (sl. 2, 5 i 6). U zoni površinskog orkopa "Tamnava I" zbog intezivnog prihranjivanja (hidrološki faktori) dolazi do promene jednog ustaljenog režima podzemnih voda u sve tri izdani. Ove promene nivoa se odražavaju na visinu slobodnog odnosno pijeometrijskog nivoa izdani do cc 2 m, kao i na veličinu dinamičkih rezervi itd.

Uticaj reke Kolubare je od značaja za nivo podinske izdani. Kontakti između reke Kolubare i podinske izdani su veoma intenzivni u zoni oko novog rečnog korita Kolubare (sl. 2). U ovoj zoni je znatan uticaj nivoa reke Kolubare na nivo podinske izdani, gde se pod uticajem promene nivoa Kolubare pojavljuje uspon u izdani i dizanje nivoa za cc 1 m (1973. godine). Obaranjem nivoa unutar površinskog otkopa dolazi do intezivnog napajanja podinske izdani iz aluvijona reke Kolubare.

Uticaj reke Kladnice je znatno manji s obzirom da je ona izmeštena dalje prema zapadu.

Uticaj reke Vraničine osetiće se u završnoj fazi eksploracije.

USLOVI ODVODNJAVAЊA RUDARSKIH RADOVA I OČEKIVANI PRITOĆI VODE U POVRŠINSKI KOP

Da bi se mogli izvesti rudarski radovi otvaranja i eksploracije površinskog kopa "Tamnava I" moraju se, s obzirom na ranije rečeno (hidrogeološke karakteristike ležišta) prateće naslage oslobođiti gravitacione vode. Oslobađanjem pratećih naslaga od gravitacione vode postiže se relativno dobri uslovi geotehničke stabilnosti materijala u tlu.

Tehničko rešenje obaranja nivoa podzemnih voda, u svim pratećim naslagama, uzimalo je u obzir sledeće pritoke u zonu površinskog kopa "Tamnava I".

U aluvijalnim naslagama protok po 1 km profila kreće se (sl. 5) cc 17 lit/sec. Otvaranjem kopa pojavljuje se priliv u zonu kopa sa sve četiri strane, tj. kroz profil koji zahvata površinski kop sa jugozapada očekivao se dotok od cc 35 lit/sec., sa južne strane očekivao se dotok od cc 20 lit/sec. U početnom periodu količine voda koje se mogu crpiti su 30% veće tj. dok se ne iscrpe i statičke rezerve. Sa severne i severnoistočne strane praktično nema dotoka (tj. kroz dijafragmu protok je cc 50 lit/sec), te je početni kapacitet crpljenja cc 150 lit/sec, taj kapacitet crpljenja vremenom opada prema hidrogramu na cc 60 lit/sec. razvijajući kop dalje prema jugu periodično se povećava dotok do max 100 lit/sec. Međutim, kod izbora opreme išlo se sa povećanim kapacitetom za cc 20%. Iz međusloja je dotok relativno mali i kreće se max. 1,5 lit/sec/km.

Iz podinskih naslaga u zonu kopa pratiće cc 3 lit/sec/km. U južnoj zoni i sa istočne strane kopa je taj dotok nešto veći, dostiže i 5 lit/sec/km. (sl. 6).

Da bi se oborio nivo podinske vode u odnosu na postavljene uslove (min 5 m ispod nivoa unutrašnjeg planuma), morale su se crpsti i statičke vode unutar zone kopa. Početni kapacitet crpljenja je po hidrogramu 100 lit/sec, a kasnije opada na 50 lit/sec. Ovolika količina vode za crpljenje je posledica reke Kolubare koja prihranjuje podinske naslage (infiltracija u podinske naslage).

TEHNIČKO REŠENJE ZAŠTITE POVRŠINSKOG KOPA OD PODZEMNIH VODA

Usaglašavajući čitav niz prirodnih, tehnoloških eksploracionih i dr. uslova izabran je tehničko rešenje zaštite površinskog kopa od podzemnih voda. Ovo rešenje zaštite kopa sastoji se iz tri faze: pripremne faze, faze otvaranja i faze eksploracije, poštujući pri tome sve hidrogeološke uslove formiranja posebnih izdani: aluvijalne, (krovinske) međuslojne i donjopontske (podinske).

Tehničko rešenje zaštite površinskog kopa od podzemnih voda (sl. 3, 4 i 5) sastoji se u sledećem:

- izmeštanju rečnih tokova reke Kladnice i Kolubare (sl. 2),
- izrada zaštitnih nasipa rečnih tokova izmeštenih i postojećih reka Kladnice, Kolubare, Vraničine i dr. (sl. 2),
- izrada dijafragme kao zaštite zone otvaranja površinskog kopa od infiltracije iz tekućih voda u krovinske naslage (sl. 5),

- izrada objekata odvodnjavanja krovinskih naslaga (usek odvodnjavanja i mreža bunara) u zoni kopa gde se razvijaju radovi (u fazi otvaranja - sl. 5),
- izrada objekata odvodnjavanja krovinskih naslaga (bunara ili useka i slobodno isticanje na krovinu uglja) u fazi eksploatacije,
- izrada objekata za odvodnjavanje međusloja i podinskih naslaga bunarima (BP), u fazi otvaranja (sl. 6)
- izrada sistema horizontalne drenaže kanala za održavanje spuštenog nivoa podinske izdani, slobodnim isticanjem.

Iz konceptualnog rešenja odbrane otkopa od podzemnih voda proizašla je sledeća dinamika izgradnje, funkcionalnost objekata i tehnologije.

PRIPREMNA FAZA

Ova faza podrazumeva izgradnju dijafraze i izmeštanje rečnih tokova van konture površinskog kopa reke Kladnice na zapadu, reke Kolubare na istoku i reke Vraničine na jugu (sl. 2). Cilj ovih radova je da se eksploatacijom područje osloboди svih površinskih tokova, sa izradom zaštitnih nasipa prema površinskom otkopu.

Dijafraza oko useka otvaranja čini sastavni deo pripremne faze. Time se sprečava prihranjivanje krovinskih naslaga iz rečnih tokova. S obzirom na razvoj ko-

pa prema jugu, dijafraza se radi sukcesivno, tj. uvek prednjači napredovanju površinskog kopa za 500 (1000 m). Izradom dijafraze u otsecima (etapama), daje se mogućnost primene raznih vrsta tehnologija izrade зависно od tehničkih dostignuća i raspoložive opreme.

U zaštiti od podzemnih voda pri otvaranju i rudarskoj eksploataciji razlikujemo fazu otvaranja površinskog kopa i fazu eksploatacijonih radova. Sistem odbrane površinskog kopa u ove dve faze ima svojih specifičnosti.

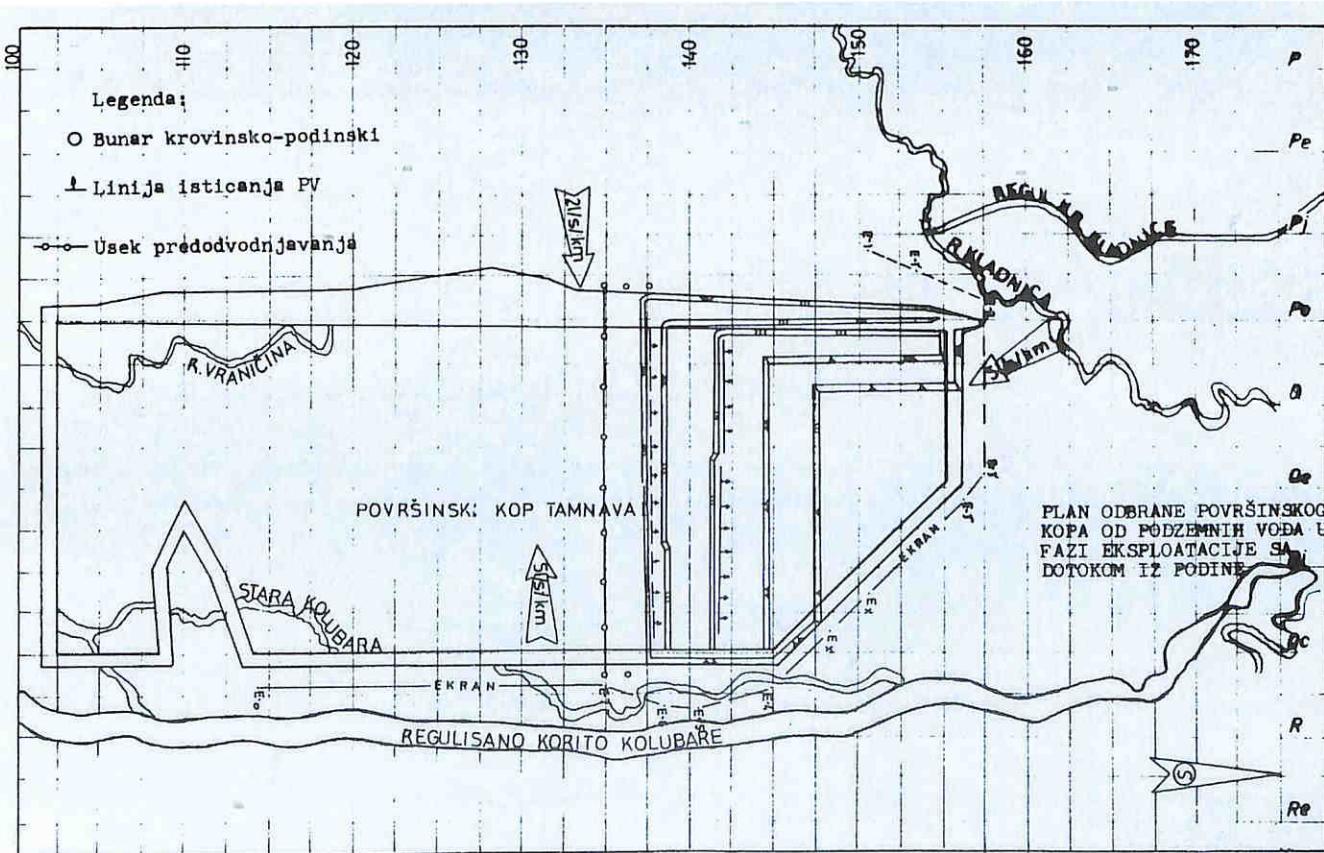
ZAŠTITA U FAZI OTVARANJA

U zaštiti od podzemnih voda pri otvaranju i rudarskoj eksploataciji razlikujemo fazu otvaranja površinskog kopa i fazu eksploatacijonih radova. Sistem odbrane površinskog kopa u ove dve faze ima svojih specifičnosti.

Faza otvaranja je deo površinskog kopa u granicama profilskih linija 155 (sl. 5) na severu, 150 na jugu, P1m na zapadu i Qj na istoku.

Pva faza podrazumeva tri etape i to;

- I etapu čini izrada useka odvodnjavanja u otvornoj tački površinskog kopa i izrada sistema bunara (BK) 500 m južno od useka za drenažu krovinske izdani,



Slika 6: Plan odbrane površinskog kopa od podzemnih voda u fazi eksploatacije sa dotokom iz podine

- II etapu čini obaranje nivoa krovinske izdani sistemom odvodnjavanja i sistema bunara i izradom bunara (BP) za obaranje nivoa podinske izdani,

- III etapu čini obaranje nivoa podinske izdani, sistemom bunara (BP).

Spuštanje nivoa krovinske podzemne vode postiže se izradom useka odvodnjavanja i niza bunara po obodu kopa (sl. 5). Broj bunara i njihov raspored određeni su prema hidrodimaničkim proračunima.

ZAŠTITA U FAZI EKSPLOATACIJE

Faza eksploatacije PO "Tamnava I" počinje južno od linije 150 tj. od trenutka kada počinje formiranje unutrašnjeg odlagališta (sl. 6).

Ovu fazu tehnološkog procesa delimo u više etapa sa aspekta odbrane otkopa od podzemnih voda:

- etapa zaštite od krovinskih voda
- etapa zaštite od krovinskih međuslojnih voda
- etapa zaštite od podinskih voda
- etapa zaštite od unutrašnjeg planuma
- etapa zaštite od unutrašnjeg odlagališta

ETAPA ZAŠTITE OD KROVINSKIH VODA

Razvojem radova iz useka otvaranja prema jugu odražava se spušten nivo podzemne vode u krovini ugljenog sloja. Usvojena metoda odvodnjavanja predviđa kombinovanu primenu: dreniranje sa slobodnim isticanjem u unutrašnji planum, eventualna izrada bunara ili useka predodvodnjavanja i produžetak ekrana prema jugu po istočnoj strani (sl. 5).

ETAPA ZAŠTITE OD PODINSKIH VODA

Zaštita od podinskih voda sastoji se u sniženju nivoa u nožici ugljene etaže i unutrašnjeg odlagališta za najmanje 2 m ispod podine uglja sistemom horizontalne drenaže i slobodnim isticanjem sa izradom jake pumpne stanice u unutrašnjem planumu (sl. 6).

ETAPA ZAŠTITE UNUTRAŠNJEG PLANUMA

Otvaranjem unutrašnjeg planuma stvara se mogućnost za isticanje podzemne vode iz podinske izdani, koja se nalazi pod pritiskom. Da ne bi došlo do isticanja u podnožje ugljene etaže i unutrašnji planum mora se sistemom horizontalne drenaže održavati nivo 2 m ispod nivoa unutrašnjeg planuma, pumpnom stanicom PS-3 ili PS-4.

ETAPA ZAŠTITE UNUTRAŠNJEG ODLAGALIŠTA

Otkopane mase jalovine se prebacuju i odlažu u unutrašnje odlagalište. Tehnologija odlaganja predviđa formiranje odlagališta u predetaži, i po jednoj

(I) dubinskoj, odnosno (II) visinskoj etaži. Predetaža i dubinska etaža su ugrožene infiltracijom podinskih podzemnih voda.

Da bi se sprečile pojave eventualnih klizanja zabog infiltracije ugrađuju se drenovi za prikupljanje podzemnih voda. Prema Studiji izmene tehničkih rešenja određena su rastojanja drenova prema formuli Rotea i putem matematičkog modeliranja uzimajući u obzir vode nastale infiltracijom od padavina i ocedenih voda iz odloženih masa.

Horizontalna drenaža se sastoji od kanala za ugradnju plastičnih drenova. Pre ugradnje mora se izvršiti nivелiranje terena sa blagim padom od 1% prema zapadnoj kosini. Pri takо iznivелiranom terenu radi se sistem kanala sa perforiranim plastičnim cevima, Ø100 mm. Dubina iskopa kanala je 2 m ispod nivoa planuma. U iskopani kanal se ugrađuju rebraste plastične filter cevi prečnika Ø100 m. Oko filterske cevi ugrađuje se šljunčani tampon debljine cc 0,5 m a preko njega se zapunjava otkopani pesak (međusloj). Rastojanje kanala je na 50-80 m. Svi se drenažni kanali skupljaju na kanalu duž zapadne kosine ugljene etaže (GKZ). Na ovom kanalu se postavlja pumpna stanica PS-3 radi pumpanja voda koje dotiču.

ZAKLJUČAK

Izabrano tehničko rešenje zaštite površinskog kopa od površinskih i podzemnih voda tako je sinhronizovano sa tehnologijom eksploatacije da uvek omogućuje relativno povoljne rudarske uslove, za otkopavanje, transport i odlaganje. Iz toga se može zaključiti sledeće:

- da je obezbeđena tehnološka povezanost i potpuna sigurnost svih radnih operacija koje čine proizvodnju uglja,

- da se etapno razvijaju radovi odvodnjavanja i pretrede rudarsko-tehničkim radovima kako bi se omogućila minimalna investiciona ulaganja i najmanje učešće u troškovima proizvodnje uglja,

- režim pumpanja podzemnih voda reguliše se automatski,

- zaštita unutrašnjeg odlagališta od voda je dovoljna da se može već u trećoj godini eksploatacije početi sa njegovim formiranjem itd.

- stečena iskustva u fazi otvaranja i eksploataciji potvrdila su projektovana rešenja uz manje korekcije, pa se išlo više na izradu useka predodvodnjavanja, a manje na bunare.

SUMMARY

PROTECTION OF THE OPEN MINE
"TAMNAVА I" AGAINST GROUND
AND UNDERGROUND WATERS

The open pit mine "Tamnava I" is located in the lower sections of the Kolubara basin and it is constantly imperiled by the underground waters which communicate with Kolubara river and its tributaries Kladnica and Vraničina.

The mine is protected against ground and underground waters applying various different methods; water streams are regulated or partially displaced, cutoff impermeable curtains and pumping wells are installed and, at the same time, the complete mine is provided with systems for water collection and removal.

LITERATURA

1. Studije mogućnosti zaštite od voda rudarske eksplotacije površinskog kopa "Tamnava", Institut Jaroslav Čarni, Beograd, Biro za projektovanje Kolubare, 1970/71.
2. Investicioni program izgradnje površinskih kopova "Tamnave", Rudarski institut, Beograd, Biro za projektovanje Kolubare, 1972/73.
3. Glavni projekat površinskog kopa "Tamnava I" (Istok) - deo zaštite od površinskih i podzemnih voda, Rudarski institut, Beograd, Biro za projektovanje Kolubare, 1975.
4. Simić R., Mršović D., Pavlović R.: Odvodnjavanje površinskih kopova, Rudarski institut, Beograd, 1984.
5. Aneks Investicionog programa izgradnje površinskog kopa "Tamnava I", Biro za projektovanje Kolubare, 1974.

AUTOR

Dr. Dušan Mršović, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

Tehnički projekt uticaja podzemne eksploatacije uglja na deformacije površine za uslove Rudnika mrtkog uglja "Soko" izrađen je po posebnoj metodologiji uz korišćenje brojnih literaturnih podataka, koji su aplicirani na prirodne i rudarko-tehničke uslove ležišta Rudnika "Soko". Pri obradi projekta korišćeni su raspoloživi merni podaci o deformaciji terena u Rudniku "Soko" i izvršeno njihovo upoređivanje sa izračunatim vrednostima.

U ovom članku prikazan je izvod tehničkog projekta koji sadrži teoretski deo i prognozno određivanje sleganja terena iznad otkopanog polja B-6 RMU "Soko".

TEORETSKI DEO

UVOD

Kao rezultat otkopavanja korisne mineralne sirovine podzemnim načinom, dolazi do narušavanja ravnotežnog stanja stenskog masiva čija je posledica njegovo kretanje. Kretanje stenskog masiva doseže do površine terena i izaziva njene deformacije. Stepen deformacija površine terena zavisi od različitih geoloških i rudarsko-tehničkih uslova (fizičko-mehaničke karakteristike, debljina stenskog masiva, dubina, debljina i ugao pada sloja koji se otkopava, veličine otkopanog prostora, načina saniranja starog rada i dr.). Posledica (deformacija površine) i uzrok (zarušavanje krovinskih naslaga kao faza procesa otkopavanja) su funkcionalno zavisni od niza faktora koje je potrebno uskladiti, kako sa aspekta sigurne i ekonomične eksploatacije, tako i sa aspekta zaštite čovekove životne sredine na površini.

U okviru rešavanja problematike deformisanja potkopanog terena postavljaju sa tri osnovna pitanja. Jedno se odnosi na oblik i veličinu, drugo na granicu i razmere zone, a treće na dinamiku procesa deformisanja terena.

U cilju dobijanja pouzdanih odgovora na prethodna pitanja potrebno je raspolagati sa podacima na osnovu kojih se mogu definisati najbitniji odnosi površinske i podzemne situacije i problematike deformisanja potkopanih stenskih naslaga u podzemnom masivu.

Kod rešavanja uticaja podzemne eksploatacije ležišta na deformacije površine moguća su dva pristupa. U jednom slučaju se radi o predhodnom, prognozom utvrđivanju očekivanih poremećaja na osnovu planiranih podzemnih otkopnih radova i poznavanje geološkog stuba od otkopa do površine terena sa podacima o geološkim osobinama. U drugom slučaju se radi o postojećim rudnicima u kojima se vrši sistematsko opažanje procesa deformisanja tla usled otkopnih radova i u koji-

UDK: 622.272:624.131

Stručni rad

UTICAJ PODZEMNE EKSPLOATACIJE LEŽIŠTA NA DEFORMACIJE POVRŠINE

IZVOD IZ TEHNIČKOG PROJEKTA ZA RMU "SOKO"

Milivoje Vušović
Nikola Jokić

ma se pristupa otkopavanju u novo istraženim područjima. Za prognozu pomeranja površine, u ovom slučaju, pored podataka navedenih za prvi slučaj koriste se i podaci sistematskog geodetskog snimanja.

OSNOVE ZA RAZMATRANJE DEFORMACIJA TLA POTKOPANOG TERENA

DEFINISANJE POKAZATELJA DEFORMISANJA POTKOPANOG TERENA

Posmatrano u teoretskom smislu, deformisanje potkopanog terena možemo definisati kao pomeranja tla koja su posledica poremećaja u podzemnom masivu nakon izvedenih podzemnih otkopnih radova metodama sa zarušavanjem krovine. Kod samog pomeranja tla razlikujemo vertikalna i horizontalna pomeranja. Vertikalna pomeranja su merljiva sleganja tla koja u jednom trenutku prelaze vidljiva ulegnuća. Horizontalna pomeranja su odgovarajuće dislokacije tla koje se usled sila zatezanja ispoljavaju pojavom pukotina na poremećenom terenu. Posledica zajedničkog delovanja sleganja i pukotina tla su pojave klizišta na terenu, koja su naročito izražena na nagnutim terenima. Merljiva sleganja i dislokacije određuju zonu deformisanja potkopanog terena. Zavisno od karaktera poremećaja što ih vertikalna i horizontalna pomeranja tla izazivaju na potkopanom terenu, a prema stepenu ugrožavanja čovekove životne sredine ili sigurnosti podzemnih rudarskih radova, imamo dozvoljena i nedozvoljena pomeranja tla. Na bazi niza kriterijuma, na površini terena iznad eksploracionog prostora ležišta određuju se granice i nalaze odgovarajuća rešenja zaštite čovekove životne zredine i zaštite podzemnih rudarskih radova i rudničkih objekata. Da bi se došlo do ovih rešenja neophodno je prethodno dobiti sliku otkopanog terena sa podzemnim ptkopnim radovima. Ta slika se upotpunjuje preko određenih pokazatelja, očekivanih deformacija otkopanog terena. Uz pomenute vertikalne (sleganja) i horizontalne (dislokacije) deformacije, ti pokazatelji obuhvataju i vertikalna i horizontalna pomeranja tla, zatim uglavne pokazatelje i razmere zone deformisanja potkopanog terena. [2, 3, 5]

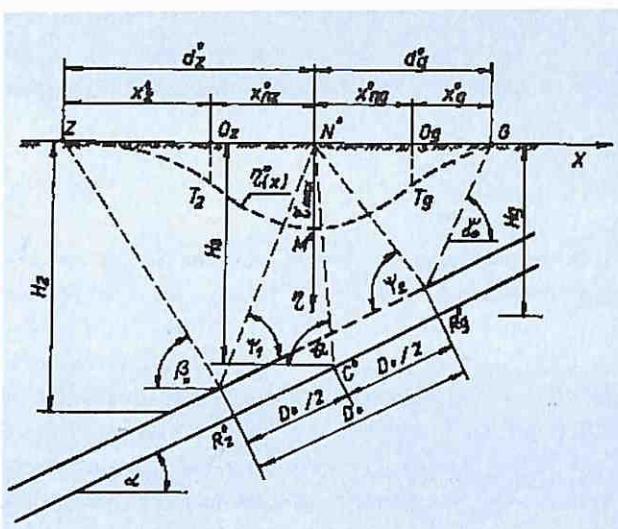
Kao neposredna posledica izvedenih otkopnih radova, sleganja tla imaju i prostorno i vremensko obeležje. U prostornom smislu, na planu stvorenog ulegnuća na potkopanom terenu, treba razlikovati lokalno ($\eta_{x,y}$) i maksimalno (η_{max}) sleganje tla kojim se određuje dno ulegnuća na terenu. U vremenskom smislu, dakle u toku izvođenja otkopnih radova, imamo trenutno (η) i konično (η^o) sleganje tla koje označava odgovarajuću konsolidaciju otkopanog terena. [2, 5]

Drugi osnovni vid pomeranja tla, horizontalna pomeranja (ξ) jesu odgovarajuće komponente absolutnog vektora pomeranja tla, zbog čega ih pored veličine, treba odrediti i uglovim pomeranja (ρ) tačke na potkopanom terenu. I ovaj vid pomeranja tla treba razmatrati u prostornom i u vremenskom smislu.

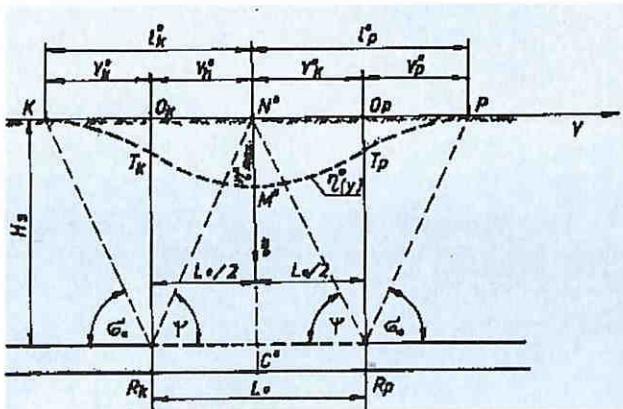
Kada se radi o relativnom vertikalnim i horizontalnim pomeranjima tla, razlikuju se dva slučaja. U prvom slučaju imamo nagibe terena ($i = \text{mm/m}$) koji podrazumevaju odnos razlike sleganja dve susedne tačke prema njihovom međusobnom odstojanju, te zakrivljenosti potkopanog terena ($k = \text{km}^{-1}$) kojima se označavaju odnosi nagiba susednih intervala na potkopanom terenu prema srednjoj vrednosti njihovih horizontalnih projekcija. U drugom slučaju imamo horizontalna pomeranja tla ($\epsilon = \text{mm/m}$) kojima se definiše odnos horizontalnih pomeranja dve susedne tačke prema njihovom međusobnom rastojanju na neporemećenom terenu. [2, 3, 4]

Uglavni pokazatelji zone deformisanog terena su oni kojima se određuju međusobni prostorni položaji graničnih linija ili karakterističnih zona deformisanog eksploracionog otkopanog prostora u ležištu. Pri tome se imaju u vidu dve glavne profilne ravni i to u jednom slučaju po padu, a u drugom po pružanju ležišta (sl. 1, 2). Razlikuju se granični uglovi ($\beta_o, \gamma_o, \delta_o$), uglovi punih pomeranja (ψ_1, ψ_2 i ψ) i uglovi maksimalnog sleganja tla (θ i θ_{go}). Naznačeni granični uglovi imaju tri odgovarajuće kategorije, jednu koja definiše krajnje granice pomeranja tla (nulta), drugu kojom se određuju sigurnosne granice prema dozvoljenim pomeranjima tla i treću sa kojom se određuje zona opasnih pomeranja tla (mogućnost prodora površinskih voda u podzemne ruševine i rudarske radove). [2, 5]

Grupa pokazatelja koji definišu razmere zone deformisanja terena u odnosu na otkopani prostor (sl. 1, 2 i 3) odnosi se na prostorne elemente u glavnim profilnim ravnima. Tako kod zone deformisanja potkopanog terena imamo, poluose, odnosno ose elipse ulegnuća na terenu, i to po pravcu pružanja ležišta (l) i po pravcu pada ležišta (d). Slično je i kod otkopanog prostora, gde po padu ležišta imamo širinu (D), a po pravcu pružanja ležišta dužinu (L) potkopanog prostora. Uz ove prostorne pokazatelje dolaze i pokazatelji dubine otkopanog prostora, i to gornja (H_g), srednja (H_s) i donja (H_d), kao i odgovarajući stepen potkopanosti (n_p) terena kojim se izražavaju odnosi dubine i dimenzija otkopanog prostora ležišta. U pogledu poslednjeg pokazatelja, razlikuju se dve kategorije potkopanosti: nepotpuna za $n_p < 1$ i potuna $n_p > 1$, računajući za $n_p = 1$ momenat postizanja potkopanosti terena, za ostvarenje maksimalnog konačnog stanja sleganja tla (η_{max}^o). [2, 5]



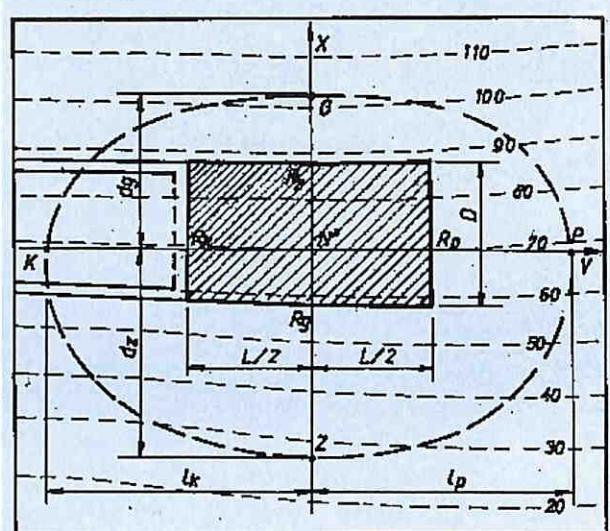
Slika 1. Elementi profilne ravni u pravcu pada ležišta



Slika 2. Elementi profilne ravni u pravcu pružanja ležišta

Za što pouzdaniju prognozu deformacije terena koja je izazvana podzemnim otkopavanjem, neophodno je imati relevantne geomorfološke, hidrografske, litološke podloge, sklop površinskih naslaga i podatke o gradevinskim objektima. Ovo poslednje podrazumeva situacionu kartu sa naznačenim objektima, spratnost (ili visina za ind. objekte), vrsta gradnje, primjenjeni materijal, godina gradnje i vrednost objekta. Kada su u pitanju prirodne okolnosti u ležištu neophodni su podaci o zaledanju ležišta, debљina ležišta, litološki sastav od ležišta do površine, sklop krovinskog masiva, strukturno-tektonske osobine ležišta kao i geomehaničke karakteristike stena koje u najvećem obimu grade krovinu. Pored navedenih podataka o ležištu neophodni su i prostorni elementi eksploatacionog područja, projekti otkopnih metoda (ako ih je više), te sistem i dinamika otkopnih ra-

dova u području za koje se vrši prognoza elemenata deformacije površine.



Slika 3. Elementi veličina zone deformisanja potkopanog terena i veličine otkopanog prostora

NAČIN UTVRĐIVANJA POKAZATELJA DEFORMISANJA POTKOPANOG TERENA

OSNOVNE POSTAVKE

Analitičko-grafička interpretacija pokazatelja iznad terena deformisanog otkopavanjem u glavnim profilnim ravnima ulegnuća vrši se u odgovarajućim koordinatnim sistemima jedne i druge profilne ravni. Ordinata sistema u obe profilne ravni je osnovni pokazatelj narušavanja deformisanog terena. Za apisu po padu ležišta usvajamo "x", a po pravcu pružanja "y". Imajući u vidu odgovarajuće poluose elipse ulegnuća (d , l), u profilnoj ravni po pravcu pada ležišta računa se sa koordinatama $\Delta x = x/d$, a u profilnoj ravni po pravcu pružanja ležišta za $\Delta y = y/l$. Na karti ulegnuća imamo u pravcu ležišta osu "x", a po pružanju osu "y". [2, 3]

Interpretacija pokazatelja u glavnim profilnim ravnima ulegnuća na terenu vrši se grafičkim crtanjem putem odgovarajućih krivih, a na planu ulegnuća izolinijama.

U cilju obezbeđenja što pouzdanijeg iznalaženja kompletne slike deformisanja potkopanog terena na osnovu definisanih pokazatelja procesa podzemnih otkopnih radova, neophodno je imati razrađen i utvrđen postupak u pogledu redosleda i načina primene teoretskih postavki. Utvrđeni redosled treba da omogući jednostavan i logičan put iznalaženja traženih pokazatelja. Polazeći od ovih predpostavki, imaju se u vidu tri osnovne faze: prva obuhvata geometrijske pokazatelje zone deformisanja potkopanog terena i potkopanog pro-

stora u ležištu, druga, pokazatelje apsolutnog i relativnog pomeranja tla u glavnim profilnim ravnima ulegnuća na terenu, a u trećoj fazi bi se izvršilo utvrđivanje pokazatelja pomeranja tla na karti ulegnuća.

U tablicama 1 i 2 prikazane su dve odabrane teoretske postavke (A i B). Tablica 1 služi za utvrđivanje geometrijskih pokazatelja deformacija tla, a tablica 2 služi za utvrđivanje apsolutnih vrednosti pomeranja tla.

UTVRĐIVANJE GEOMETRIJSKIH POKAZATELJA

Uglovne pokazatelje treba utvrditi metodologijom na osnovu najmanje dve teoretske postavke (na primer A i B, Tablica 1). Od toga se izuzimaju uglovi punih pomeranja tla (ψ_1, ψ_2, ψ), za koje važi jedinstvena metodologija primene naznačenih empirijskih ili geometrijskih odnosa. Izbor konačnih vrednosti za uglovne pokazateli $\delta_o, \beta_o, \gamma_o$ i θ treba izvršiti ili na osnovu "srednje vrednosti" ili na osnovu raspoloživih podataka dobijenih putem sprovedenih instrumentalnih snimanja deformisanog terena.

Kod utvrđivanja pokazatelja otkopanog dela ležišta, veličine zone deformacija potkopanog terena i stepena potkopanosti terena, predlaže se primena jedinstvene metodologije kako je to dato u tablici 1.

UTVRĐIVANJE POKAZATELJA ZA PROCENU APSOLUTNIH I RELATIVNIH POMERANJA TLA U GLAVNIM PROFILIMA ULEGNUĆA

Što se tiče samog redosleda utvrđivanja pokazatelja pomeranja tla, u ovoj fazi se radi o dva osnovna koraka. Početni korak podrazumeva utvrđivanje maksimalnih vrednosti vertikalnih pomeranja (sleganja tla) i utvrđivanje funkcija odgovarajućih krivih. Drugi korak obuhvata utvrđivanje maksimalnih vrednosti i utvrđivanje krivih horizontalnih pomeranja tla, te vertikalnih i horizontalnih relativnih pomeranja tla. U oba slučaja, podrazumeva se promena dve odgovarajuće teoretske postavke iz tablice 2. [1, 2, 3, 4]

UTVRĐIVANJE POKAZATELJA ZA PROCENU DEFORMISANJA POTKOPANOGL TERENA U HORIZONTALNOJ PROJEKCIJI

Utvrdjivanjem pokazatelja u prethodne dve faze dobijena je odgovarajuća dokumentacija tako da se, u ovoj trećoj fazi, može izvršiti utvrđivanje pokazatelja pomeranja tla u horizontalnoj projekciji. Pri tome se podrazumevaju određene tačke potkopanog terena izvan glavnih profilnih ravni ulegnuća na terenu. U tu svrhu moguća je primena profilnih ravni paralelnih sa glavnim profilnim ravnima ulegnuća, korišćenjem do deset para-

Pokaz.	Postavka "A"		Postavka "B"	
	Literatura	Odnos	Literatura	Odnos
δ_o	[3]	$\operatorname{tg} \delta_o = k_f \sqrt{H_s}$	- [1]	$\delta_o = 90^\circ - \operatorname{arctg} \sqrt{\mu / (1-\mu)}$
β_o	[5]	$\beta_o = \delta_o - k_p \times \alpha$	[1]	$\beta_o = (90 - \alpha) - \left[\left(\cos^2 \alpha - \frac{\mu}{1-\mu} \sin^2 \alpha \right) (90 - \delta_o) \right]$
γ_o	[5]	$\gamma_o = \delta_o + k_r \times \alpha$	[2]	$\gamma_o = \delta_o + (0,5 - 0,8) \alpha - \Delta \gamma; \Delta \gamma = 0 - 7,8$
θ	[3]	$\theta = 90 - (14,48 + 1,08f) \sin 1,65 \alpha$	[2]	$\theta = 90 - (0,5 - 0,8) \alpha$
H_z^o	[3]	$H_z^o = H_g \left[1 + 2 \frac{\operatorname{ctg} \gamma_o + \operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \gamma_o} \right]; H_z^o = \frac{H_g}{\left[1 - 2 \frac{\operatorname{ctg} \beta_o - \operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta_o} \right]}$		
Ψ_1	[2]	$\psi_1 = \psi_1 - \alpha; \operatorname{ctg} \psi_1 = \frac{1}{2H_z^o} \left[(H_z^o - H_g) \operatorname{ctg} \alpha - (H_z^o + H_g) \operatorname{ctg} \theta \right]$		
Ψ_2	[2]	$\psi_2 = \psi_2 + \alpha; \operatorname{ctg} \psi_2 = \frac{1}{2H_g} \left[(H_z^o - H_g) \operatorname{ctg} \alpha + (H_z^o + H_g) \operatorname{ctg} \theta \right]$		
Ψ	[2]	$\psi \approx \psi_1 + k_\psi \times \alpha \approx \psi_2 - k_\psi'' \times \alpha; k_\psi = 0,2 - 0,3; k_\psi'' = 0,3 - 0,5; k_\psi' = \frac{\psi_1 - \psi_2}{\alpha} - k_\psi$		
d_z	[5]	$d_z = H_z \operatorname{ctg} \beta_o + D/2 \cos \alpha - H_s \operatorname{ctg} \theta$		
$d_g = H_g$	[5]	$\operatorname{ctg} \gamma_o + D/2 \cos \alpha + H_s \operatorname{ctg} \theta$		
$I_p = I_k$	[5]	$I_p = I_k = H_g \operatorname{ctg} \delta_o + L/2$		
d_z^o	[4]	$d_z^o = H_z^o [\operatorname{ctg} \beta_o + \operatorname{ctg} (\psi_1 + \alpha)]$		
d_g^o	[4]	$d_g^o = H_g^o [\operatorname{cot} \gamma_o + \operatorname{cot} g (\psi_2 - \alpha)]$		
I_p^{K-o}	[5]	$I_p^o = I_k^o = H_g^o (\operatorname{ctg} \delta_o + \operatorname{ctg} \psi)$		
D_o	[2]	$D_o = \frac{H_g^o \times \sin(\theta + \alpha) \times \sin(\psi_1 + \psi_2)}{\sin \theta \times \sin \psi_1 \times \sin \psi_2}$		
L_o	[2]	$L_o = 2 \times H_g^o \times \operatorname{ctg} \psi$		

Tablica 1. Teoretske postavke za utvrđivanje geometrijskih pokazatelja zone deformisanja tla

Pokaz.		Postavka "A"			Postavka "B"		
		Literatura	Obrazac		Literatura	Obrazac	
η	η_{\max}	[3]	$\eta_{\max}^o = \left[0,9 - 0,03f \left(1 - \frac{H_n}{H_s} \right) m(1-g) \right]$		[2]	$\eta_{\max} = k_0 \times t_1 \times t_2 \times m \times \cos \alpha \times k_1$	
	η_{xy}	[1]	$\eta_{xy} = \eta_{\max} \times \varphi_n$		[2]	$\eta_{xy} = \eta_{\max} \times \varphi_n$	
ξ	ξ_{\max}	[1]	$\xi_{\max} = \eta_{\max}^o \times f_\xi$		[2]	$\xi_{\max} = 0,48 \eta_{\max}^o$	
	ξ_{xy}	[1]	$e_z = d_g^o (1 - \tan \alpha) / 2; e_o = d_g^o \times \alpha / 70^\circ$ $\xi_k = \xi_{\max} (1 - \cos 2\pi y^o / l^o) / 2; e_p = -\xi_{\max} (\cos 2\pi y^o / l^o - 1) / 2$		[2]	$\xi_{xy} = \eta_{\max} \times f_\xi \times k_\xi$	
i	i_{\max}	[1]	$i_{\max}^x = \eta_{\max}^o \times 2/d^o$ $i_{\max}^y = \eta_{\max}^o \times \tan \delta_o / H_s$		[2]	$i_{\max} = c_x (m/H_s) \times k_i$ $i_{\max} = 1,2 c_x \eta_{\max} \times k_i / (H_s \times \cos \alpha)$	
	i_{xy}				[2]	$i_x = \eta_{\max} \times \varphi \times k_i / d^o$ $i_y = \eta_{\max} \times \varphi \times k_i / l^o$	
k	k_{\max}	[1]	$k_{\max} = \frac{0,2 \times \eta_{\max}^o \times \tan^2 \delta_o}{H_s^2}$		[2]	$k_{\max} = c_k (m/H_s^2) \times k_k$ $k_{\max} = c(1,2/\cos \alpha) (\eta_{\max}/H_s^2) k_k$	
	k_{xy}	[1]			[2]	$k_x = \eta_{\max} \varphi \times k_k / d^2$ $k_y = \eta_{\max} \varphi \times k_k / l^2$	
ε	ε_{\max}	[1]	$\varepsilon_{\max}^x = \pm 0,6 \frac{\eta_{\max}^o}{d^o / 2}$ $\varepsilon_{\max}^y = \pm 0,6 \frac{\eta_{\max}^o}{l^o / 2}$		[2]	$\varepsilon_{\max} = c_e (m/H_s) \times k_e$ $\varepsilon_{\max} = c_e (1,2/\cos \alpha) (\eta_{\max}/H_s) \times k_e$	
	ε_{xy}				[2]	$\varepsilon_x = \frac{\eta_{\max}}{d} \times F_e \times k_e$ $\varepsilon_y = \frac{\eta_{\max}}{l} \times F_e \times k_e$	

Tablica 2. Teoretske postavke za utvrđivanje apsolutnih i relativnih pomeranja tla

lelnih ravnih za svaku poluosu elipse ulegnuća, kako po pravcu pada, tako i po pravcu pružanja ležišta. Ove profilne ravni su određene tzv. lokacijskim koordinatama (Δx i Δy) na poluosama elipse ulegnuća. Računajući za glavne profilne ravni ulegnuća odgovarajuće lokacijske koordinate $\Delta x = 0$ i $\Delta y = 0$, imamo da su lokacijske koordinate za krajnje profilne ravni sa vrednostima $\Delta x = 1,0$ i $\Delta y = 1,0$.

Koristeći odgovarajuće teoretske postavke i odnose za utvrđivanje pokazatelja pomeranja tla u glavnim profilnim ravninama ulegnuća (tablica 2), predlaže se sledeći postupak.

Vertikalno pomeranje - sleganje tla za posmatranu tačku ($\Delta x, \Delta y$) isnosi: [2, 5]

$$\eta_{(\Delta x, \Delta y)} = \eta_{\max} \cdot \varphi_{\eta(\Delta x)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta y)} \quad (1)$$

gde je:

η_{\max} - vrednost maksimalnog sleganja

$\varphi_{\eta(\Delta x)}$ i $\varphi_{\eta(\Delta y)}$ - vrednost tipskih funkcija krivih sleganja tla u glavnim profilnim ravninama po pravcu pada i pružanja ležišta, a za odgovarajuće lokacijske koordinate Δx i Δy .*

Za razliku od sleganja, horizontalna pomeranja tla u ravni ulegnuća treba posmatrati kao dve komponente, jednu u pravcu pada, a drugu u pravcu pružanja. Tada imamo: [2, 5]

* Za vrednost tipskih funkcija korišćeni su odgovarajući podaci iz literature [2] - poluempirijske metode proračuna

- u pravcu pada

$$\xi_{(\Delta x)} \pm = \eta_{\max} \cdot F_{\xi(\Delta x)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta y)} \quad (2)$$

- u pravcu pružanja

$$\xi_{(\Delta y)} \pm = \eta_{\max} \cdot F_{\xi(\Delta y)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta x)} \quad (3)$$

gde su poznate veličine, $F_{\xi(\Delta x)}$ i $F_{\xi(\Delta y)}$ vrednosti tipske funkcije krive horizontalnih pomeranja tla u glavnim profilnim ravninama ulegnuća po pravcu pada i pružanja ležišta, a za odgovarajuće koordinate Δx i Δy *. Imajući u vidu da su ovim utvrđene odgovarajuće komponente horizontalnog pomeranja tla jedne te iste tačke na potkopanom terenu, stvarna vrednost vektora horizontalnog pomeranja te tačke jeste

$$\xi_{(\Delta X, \Delta Y)} = \sqrt{\xi_{(\Delta X)}^2 + \xi_{(\Delta Y)}^2} \quad (4)$$

Slično prethodnom pokazatelju, za relativna vertikalna pomeranja tla neophodno je utvrđivanje odgovarajućih komponenti po pravcu pada i po pravcu pružanja ležišta. Tako za posmatranu tačku na planu ulegnuća, gde su poluoze elipse ulegnuća d i l, i maksimalno sleganje tla η_{\max} , odgovarajuće komponente relativnih vertikalnih deformacija tla bile bi: [2, 5]

- za nagib potkopanog terena

$$i_{(\Delta X)} = \frac{\eta_{\max}}{d} \varphi_{i(\Delta X)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta Y)} \quad (5)$$

$$\eta_{(\Delta Y)} = \frac{\eta_{\max}}{I} \varphi_{i(\Delta Y)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta X)} \quad (6)$$

- za zakrivljenosti potkopanog terena

$$k_{(\Delta X)} = \frac{\eta_{\max}}{d^2} \varphi_{k(\Delta X)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta Y)} \quad (7)$$

$$k_{(\Delta Y)} = \frac{\eta_{\max}}{I} \varphi_{i(\Delta Y)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta X)} \quad (8)$$

Veličine $\varphi_{i(\Delta x)}$, $\varphi_{i(\Delta y)}$, $\varphi_{k(\Delta x)}$, $\varphi_{k(\Delta y)}$ predstavljaju tipske funkcije krivih nagiba i zakrivljenosti potkopanog terena, za koordinate (Δx i Δy).

Još nam je ostao pokazatelj relativnih horizontalnih pomeranja tla posmatrane tačke na planu ulegnuća potkopanog terena. Određivanje se vrši slično postupku za horizontalna pomaranja tla. Tako imamo za komponentu u profilnoj ravni po pravcu pada ležišta: [2, 5]

$$\varepsilon_{(\Delta X)} = \frac{\eta_{\max}}{d} F_{e(\Delta Y)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta y)} \quad (9)$$

a za komponentu u profilnoj ravni po pravcu pružanja:

$$\varepsilon_{(\Delta Y)} = \frac{\eta_{\max}}{I} F_{e(\Delta y)} \cdot \varphi_{\eta(\Delta x)} \quad (10)$$

podrazumevajući da su $F_{e(\Delta x)}$, $F_{e(\Delta y)}$ vrednosti tipskih funkcija krivih horizontalnih pomeranja tla za glavne profilne ravni ulegnuća i za odgovarajuće koordinate (Δx i Δy) posmatrane tačke. Kako se i u ovom slučaju radi o dve komponente horizontalne deformacije tla u jednoj te istoj tački, stvarna vektorska vrednost ovog pokazatelja deformisanja potkopanog terena bila bi

$$\varepsilon_{(\Delta x, \Delta y)} = \sqrt{\varepsilon_{(\Delta x)}^2 + \varepsilon_{(\Delta y)}^2} \quad (11)$$

PROGNOZNO ODREĐIVANJE SLEGANJA TERENA IZNAD OTKOPNOG POLJA B-6 RMU "SOKO"

OSNOVNI PODACI O POVRŠINI TERENA I PODZEMnim RADOVIMA

Teren iznad navedenog eksploracionog prostora uglavnom čini dolina reke Izgare, od koje, kao relativno ravne površine, imamo i prema južnoj i prema severnoj strani uzdizanje terena. Prema južnoj strani, nagib terena je veći. Po litološkom sastavu, površinske naslage čine mehani materijali, sa aluvijalnim nanosima u dolini reke Izgare. Glavni činilac hidrografske situacije je reka Izgara čiji je vodotok usmeren u pravcu pruža-

nja eksploracionog polja. Površinske objekte čine tri osnovne grupe: rudnički industrijski objekti, objekti okolnih naselja i asfaltni put Sokobanja - Knjaževac.

Litološki sastav krovinskih naslaga ugljenog sloja, čine pretežno (preko 80%) laporovito-glinovite naslage. Celo ležište je izrazito tektonski poremećeno. U pogledu elemenata zaledanja ugljenog sloja moćnost sloja je oko 22 m, padni ugao (α) prosečno 41° , a sloj se nalazi na dubini od 175-255 m. U pogledu osnovnih geomehaničkih osobina krovinskih naslaga stenskog masiva, može se računati sa vrednostima za koeficijent čvrstoće $f = 1,0$, ugao unutrašnjeg trenja $\varphi = 24^\circ$ i koeficijent bočnog širenja $\mu = 0,42$. [6]

Što se tiče osnovnih projektovanih elemenata otkopnih radova, treba imati u vidu da se radi o podetažnoj metodi otkopavanja moćnog ugljenog sloja, sa ispunjavanjem otkopanog prostora zarušavanjem krovine, stepenom otkopnih gubitaka $g = 0,30$ i brzinom napredovanja fronta otkopavanja od oko 30 m/mesec. Eksploraciono polje ima sledeće prostorne elemente $L = 590$ m, $D = 122$ m, $H_s = 176$ m, $H_z = 254$ m i $H_i = 215$ m.

Na susednom eksploracionom polju (B-3) svojevremeno su izvršena geodetska snimanja sleganja potkopanog terena, na osnovu kojih je bilo moguće doći do sledećih podataka za uglove pokazatelje, i to: $\delta_o = 47-51^\circ$, $\beta_o = 30-32^\circ$, $\gamma_o = 51-53^\circ$ i $\theta = 74-75^\circ$. Ocena je da za ugao γ_o nisu dobijeni odgovarajući podaci zbog dijagonalnog položaja profilnih linija geodetskog snimanja. [6]

PROGNOZNO ODREĐIVANJE GEOMETRIJSKIH PARAMETARA DEFORMISANJA TLA IZNAD ZONE OTKOPAVANJA

UGLOVNI POKAZATELJI

Uz odgovarajuće parametre $H_s = 215$ m, $K_f = 0,06\%$ i $\mu = 0,42$, prema postavci "A" imamo da je $\delta_o = 45,6^\circ$, a prema postavci "B" je $\delta_o = 49,6^\circ$. S obzirom na dijapazon vrednosti utvrđen snimanjem $\delta_o = 47-51^\circ$, može se računati sa konačnom vrednošću $\delta_o = 48^\circ$.

U pogledu graničnog ugla β_o , a na osnovu odgovarajućih prethodnih pokazatelia, te odgovarajućeg pokazatelia $K_g = 0,515$ i padnog ugla zaledanja ugljenog sloja $\alpha = 41^\circ$, ima prema postavci "A" vrednost $\beta_o = 27,5^\circ$, a prema postavci "B" vrednost $\beta_o = 36,5^\circ$. Kako je snimanjem utvrđen dijapazon vrednosti $\beta_o = 30-32^\circ$, to za konačnu vrednost može da se računa $\beta_o = 32^\circ$.

Korišćenjem odgovarajućih teoretskih postavki i naznačenih pokazatelia, gde pored ostalih imamo da je $K_g = 0,35$, za uglovne pokazateli γ_o i θ imamo prema postavci "A" vrednosti: $\gamma_o = 59,6^\circ$ i $\theta = 76,6^\circ$, a prema po-

stavci "B" to je: $\gamma = 65^\circ$ i $\theta = 72^\circ$, na osnovu čega je moguće računati da je $\gamma' = 62^\circ$, a $\theta = 74^\circ$.

Konačno, primenom odgovarajućih odnosa, a uzimajući vrednost za pripadajuće parametre, uz poznate podatike za $H_s = 176$ m, $K'_\psi = 0,27$ i $K''_\psi = 0,42$, dobijamo da su vrednosti preostalih uglovnih pokazatelja: $\psi_1 = 39^\circ$, $\psi_2 = 64^\circ$ i $\psi = 49^\circ$.

ODREĐIVANJE DUŽINE OSA POLUELIPSI PO GLAVnim PROFILIMA ULEGNUĆA

Na osnovu datih geometrijskih elemenata otkopanog prostora imamo da je stepen potkopanosti terena po pravcu pada ležišta $n_{pd} = 0,36$, a po pravcu pružanja ležišta $n_{pr} = 1,58$.

Korišćenjem odgovarajućih relacija (Tablica 1) i već poznatih vrednosti za dužinu otkopnog polja (9590 m), širinu polja (122 m) i dubine sloja (176, 215 i 254 m) i na kraju poznatih uglovnih parametara, dužina poluosa iznosi po padu sloja $d_z = 430$ m, po usponu $d_g = 205$ m i po pravcu pružanja $I_k - I_p = 380$ m.

ODREĐIVANJE APSOLUTNIH I RELATIVNIH POMERANJA TLA U GLAVnim PROFILnim RAVNIM ULEGNUĆA

Korišćenjem odgovarajućih izraza (Tablica 2), računajući za poznate vrednosti kao i vrednost za parametre: [2,3]

$$K_e = (1-g)(1-0,07f) \quad (16)$$

$$t_1 = 0,9(D/H_s - a) \quad (17)$$

$$t_2 = 0,9(L/H_s - a) \quad (18)$$

$$k_\eta = 1,2 \quad (19)$$

dolazimo do podataka da se u pogledu maksimalnog sleganja tla radi o vrednosti $\eta_{max} = 5.092$ mm. Na osnovu ovog podatka kao i datih podataka za postignute stepene potkopanosti terena (n_{pd} i n_{pr}), imamo prema odgovarajućim vrednostima tipskih funkcija $\varphi_{\eta(x)}$ i $\varphi_{\eta(y)}$, sladeće vrednosti sleganja tla u glavnim profilnim ravnima ulegnuća na terenu (Tablica 3).

Δx	Po padu		Po pružanju	
	$\varphi \eta(x)$	$\eta(x)$ (mm)	$\varphi \eta(y)$	$\eta(y)$ (mm)
0.00	1.00	5.092	1.00	5.092
0.10	0.95	4.838	0.99	5.041
0.20	0.82	4.175	0.95	4.838
0.30	0.64	3.259	0.86	4.379
0.40	0.45	2.291	0.71	3.615
0.50	0.28	1.426	0.50	2.546
0.60	0.16	815	0.29	1.177
0.70	0.08	407	0.14	713
0.80	0.03	153	0.08	407
0.90	0.01	51	0.01	51
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablica 3. Sleganje tla u glavnim profilnim ravnima ulegnuća

Korišćenjem naznačenih odnosa (Tablica 2) prema kojima imamo da je apsolutno horizontalno pomeranje tla

$$\xi_{(x,y)} = \eta_{max} \cdot F_\xi \cdot K_\xi \quad (20)$$

a relativno

$$\varepsilon_x = \frac{\eta_{max}}{d} \cdot F_\varepsilon \cdot K_\varepsilon \quad (21)$$

$$\varepsilon_y = \frac{\eta_{max}}{I} \cdot F_\varepsilon \cdot K_\varepsilon \quad (22)$$

podrazumevajući vrednost za pokazatelje $K_\xi = 1,2$, $K_\varepsilon = 1,4$, $\eta_{max} = 5.092$ mm, imamo prema vrednostima odgovarajućih tipskih funkcija F_ξ i F_ε očekivana horizontalna pomeranja tla u glavnim profilnim ravnima koja su dala u tablici 4 (ξ = mm, ε = mm/m).

Δx	Apsolutna horizontalna pomeranja				Relativna horizontalna pomeranja				
	Po padu		Po pružanju		Po padu		Po pružanju		
	$F\xi$	$\xi(x)$	$F\xi$	$\xi(y)$	$F\varepsilon(x)$	$\varepsilon(xz)$	$\varepsilon(xg)$	$F\varepsilon(y)$	
0.00	0.00	0.000	0.00	0.000	-1.34	018.5	-38.8	0.00	0.00
0.10	0.13	657	0.04	202	-1.23	-17.0	-35.6	-0.65	-10.15
0.20	0.24	1.212	0.13	657	-0.82	-11.3	-23.7	-1.17	-18.30
0.30	0.30	1.516	0.26	1.314	-0.25	-3.4	-7.2	-1.19	-18.9
0.40	0.29	1.465	0.35	1.768	+0.35	+4.8	-10.1	-0.22	-3.44
0.50	0.21	1.061	0.30	1.516	+0.86	+11.9	+24.1	+1.06	+16.56
0.60	0.13	657	0.18	909	+0.70	+9.7	+20.3	+1.15	+17.96
0.70	0.07	354	0.09	455	+0.50	+6.9	+14.5	+0.65	+10.15
0.80	0.03	152	0.04	202	+0.32	+4.4	+9.3	+0.35	+5.47
0.90	0.01	50	0.01	50	+0.12	+1.7	+3.5	+0.17	+2.66
1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00

Tablica 4. Horizontalna apsolutna i relativna pomeranja tla u glavnim profilnim ravnima ulegnuća

SUMMARY

**EFFECT OF UNDERGROUND MINING
ON THE DEFORMATIONS
OF THE SURFACE LAYER**

The technical project on the effect of the coal underground mining on the deformations of the surface layer, in the conditions of "Soko" Coal Mine, is made according to a specific methodology and using numerous data from specialized literature, adapted to particular natural, mining and technical conditions of this coal deposit. The available measures relative to terrain deformations in "Soko" mine were used in this project and compared with newly calculated values.

This paper presents an abstract from this technical project comprising the theoretical part and the method to forecast terrain subsidence above the working level B-6 in the Coal Mine "Soko".

LITERATURA

1. Vučetić V., Kovačević V. 1978: Studija - Otkopavanje ugljenih slojeva u zaštitnim stubovima, RI-Beograd, u kojoj su korišćeni istraživački radovi S.G. Averšina, A. Salustowicz-a, W. Budryk-a i dr.
2. Jofis M. A., Šmelev A. J., 1985: Inženernaja geomehanika pri podzemnih razrabotkah, Nedra, Moskva.
3. Patarić M., Stojanović A., 1994: Pomeranje porkopanog terena i zaštita objekata od rudarskih radova, RGF-Beograd.
4. Bukrinski V. A., Orsov G. V., 1984: Sdvijenje gornih porod i zemnog poverhnosti pri podzemnim razrabotkah, Nedra, Moskva.
5. Vušović M. i saradnici, 1995: Dopunski rudarski projekat eksploracije uglja u Južnom krilu Zapadnog polja (B-6 do k+174 m) jame RMU "Soko", RI-Beograd.
6. Dokumentacija Investitora (JP za podzemnu eksploraciju uglja - Resavica - RMU "Soko" - Sokobanja).

AUTORI

Milivoje Vušović, dipl. ing. rud.
Nikola Jokić, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

У раду су дајни подаци о геолошким резервама лигнита у Републици Србији и стапен истражености косовског угљеног басена. Извешено је поређење пројектованих капацитета површинских копова Добро Село и Белаћевац и усклађености појединачних капацитета основне опреме по БТО системима. Даље су прогнозе могућег развоја површинске експлоатације уз подсећање на могуће тешкоће у вези са животином околнином.

УВОД

У косовском лигнитском басену налази се најзначајнији део резерви лигнита у Републици Србији. Површинска експлоатација лигнита у том басену траје преко тридесет година и при том су стечена искуства, а на нека од њих дају се осврти у овом раду.

Изнети су сажети подаци о карактеристикама лежишта и развоју површинске експлоатације са критичким освртом на стање опремљености и усклађености капацитета основних машина у БТО систему. Наведене су и могућности развоја и пратећи проблеми будуће површинске експлоатације.

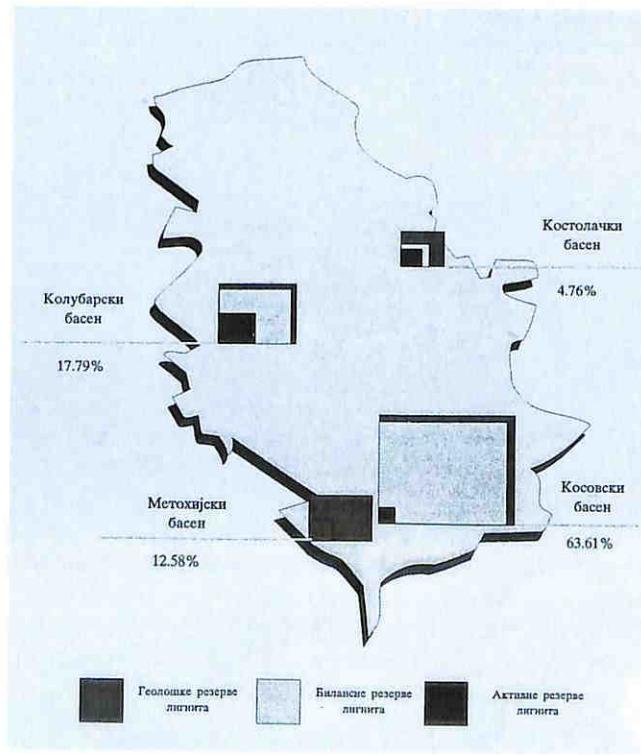
ГЕОЛОГИЈА БАСЕНА

Косовски плиоценски угљени басен је највећи басен Србије, чије резерве представљају 63.61% од укупних резерви републике. [5]

УДК: 796.092.27: 622 (497.115) 271.333
Стручни рад

КРИТИЧКА ОЦЕНА ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ УГЉА И МОГУЋНОСТИ РАЗВОЈА ПРОИЗВОДНИХ КАПАЦИТЕТА У КОСОВСКОМ УГЉЕНОМ БАСЕНУ

Ивица Јаковљевић
Драган Костић



Басен се простира на површини од 260 км² са једним слојем моћности од 5 м - 110 м (најчешће 30 м - 70 м, просечно 41 м). Просечни однос угља - јаловина је 1:1,85.

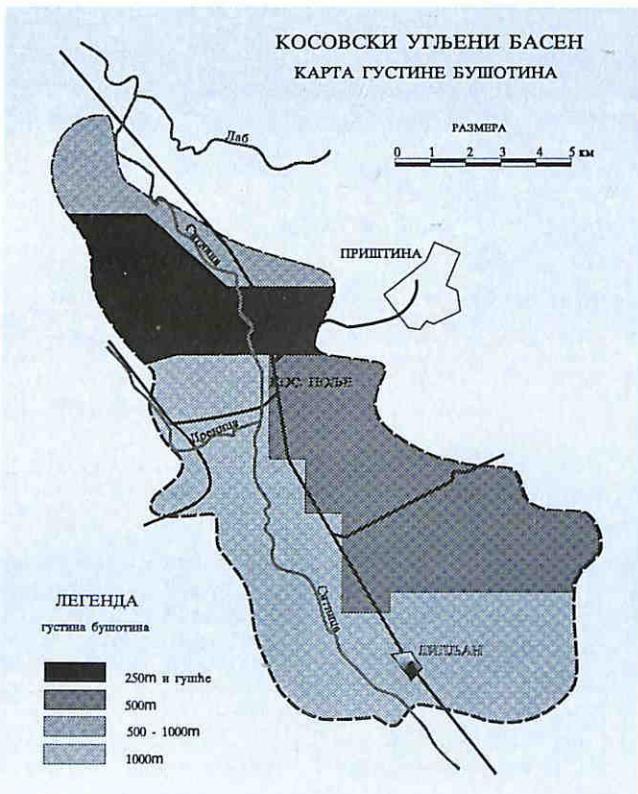
Истражним радовима утврђене су геолошке резерве 13,2 милијарди тона, од којих су:

- 3,4 милијарде тона А резерви (26% од укупних резерви),

- 4,6 милијарде тона Б резерви (35%) и

- 5,2 милијарде тона Ц, резерви (47%).

Експлоатабилне резерве износе око 9,8 милијарди тона.



Басен је истражен мрежом бушотина:

Густина мреже у м	Захваћена површина	
	км ²	%
250 и гушће	41	16
500	75	28
500 - 1000	28	11
1000	116	45

У угљеном слоју су заступљене две врсте угља: ксилитни и хумитски. Угљени слој је тектонски промењен системом раседа који басену дају „паркетну“ структуру.

У западном делу басена слој је најмоћнији са најквалитетнијим угљем. Према квалитету угља се дели на четири класе.

	процент пепела (%)	калорична вредност (кДж/кг)	процент учешћа у слоју (%)
I класа	до 12	преко 8400	29
II класа	12 - 17	7700 - 8400	43
III класа	17 - 21	5800 - 7700	23
IV класа	преко 21	испод 5800	5

Укупан садржај влаге у ровном угљу износи око 49%. Садржај сумпора не прелази 1%.

Басен је условно подељен на три дела:

- северни део

- средњи део

- јужни део

Подина угљеног слоја је сиво - зелена глина а у кровини је сива глина која по својим карактеристикама припада реду тврдих и чврстих глина са много макро и микро пукотина, што је сврстава у ред неповољних стена за откопавање. Само 1/10 укупне моћности припада жутој и мекој глини. Моћност кровинске глине креће се од пар метара до максималних 120 м.

У косовско - метохијској области западно од косовског угљеног басена налази се метохијски угљени басен са резервама 2,3 милијарде тона или 12,58% укупних резерви Србије.

За сада су утврђене експлоатабилне резерве од 1,65 милијарде тона.

Између косовског и метохијског басена налази се србичко - дренички басен са досад утврђеним резервама око 80 милиона тона, мада истраживања нису завршена.

УГЉЕНИ СЛОЈ

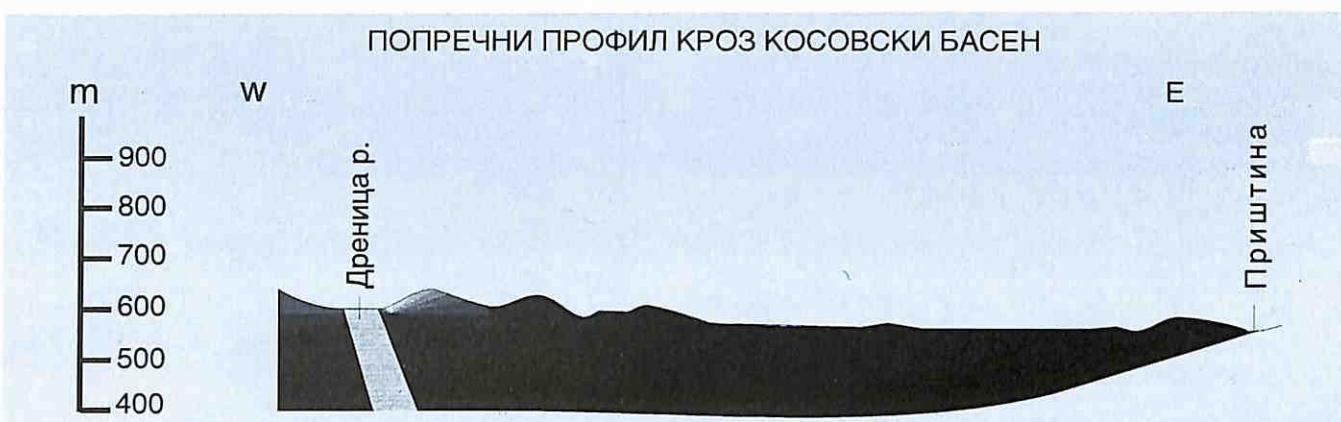
У косовском басену развијен је само један слој велике моћности. Угљени слој се простира на површини од 264 км², просечне је моћности око 41 м, лежи скоро хоризонтално и врло је погодан за површинску експлоатацију. У њему се могу издвојити две партије угља:

- прва партија, која је настала од високог растиња, са добро очуваном структуром стабала, и

- друга партија која је настала од ниског растиња и ситних делова бильјака.

Прве партије се називају дрвенасти или ксилитни угљ, а друге, земљасти или хумитски угљ.

Дрвенасте партије лигнита представљају, у односу на количину ановрганских материја, чистију врсту угља, и по правилу, увек заузимају горње делове угљеног слоја. Земљасти или хумитски угљ у погледу квалитета знатно је лошији од горњих кси-



литних партија. Веће присуство прослојака јаловине у доњим деловима слоја погоршава квалитет угља.

РАЗВОЈ ПОВРШИНСКЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

Почетком шездесетих година отпочела је површинска експлоатација угља у косовском басену отварањем копа „Добро село“. Пројектом је предвиђено фазно повећање капацитета копа од почетних 1,0 милион тона годишње до капацитета од $8,5 \times 10^6$ тона/год. Средином шездесетих отворен је површински коп „Белаћевац“. Предвиђено је да се и овај коп развија фазно, и то у првој фази $3,5 \times 10^6$ тона/год., затим 5,5; 7,5 до $10,5 \times 10^6$ тона/год. У досадашњем раду ни један коп није постигао пројектовани капацитет. [3]

Производњу угља од $10,5 \times 10^6$ тона/год., требало је да остваре пет багера типа СРс - 470 теоретског капацитета $1690 \text{ m}^3/\text{x}$. За транспорт угља пројектована су два паралелна БТО система. Капацитет сваког БТО система понаособ је $2848 \text{ m}^3/\text{x}$, при чemu се рачунало на критични транспортер у систему са нагибом 12° . Технолошки су везана два багера за један, а друга три багера за други систем са капацитетима датим у табели:

БТО	Капацитет (m^3/x)	
	Багера	Транспортера
1. (2 багера)	3380	2848
2. (3 багера)	5070	2848

Правило је да капацитети транспортера и остаља опрема у ланцу морају имати већи капацитет за 1,2 - 1,5 пута од капацитета багера. Ако се узме најнижи коефицијент 1,2 и коефицијент једновремености за два багера 0,85, онда би капацитет транспортера износио $3448 \text{ m}^3/\text{x}$. Подаци показују колико су транспортери поддимензионисани, а о последицама да се и не говори. Слична пројектна реше-

ња су и на откривци где је предвиђено откопавање јаловине са два багера укупног теоретског капацитета $3380 \text{ m}^3/\text{x}$ на одлагач теоретског капацитета $2500 \text{ m}^3/\text{x}$. Пројектна - технолошка решења на копу „Добро Село“ су слична са решењима на површинском копу „Белаћевац“. [2]

Логично је да се прво дефинише капацитет копа па да се на бази тога врши избор опреме, чиме би се обезбедила повољност техничко - технолошких решења. Овај принцип за површинске копове „Косово“ није поштован.

ИЗБОР ОПРЕМЕ И ТЕХНИЧКО - ТЕХНОЛОШКА РЕШЕЊА

У почетној фази развоја копова набављено је 11 ком. роторних багера типа СРс-470, а у каснијим фазама развоја прешло се на ангажовање већих багерских јединица и то:

- 4 багера СРс-1300
- 2 багера СЦРс-650
- 1 багер СРс-400

Уз багере набављени су транспортери ширине 1000, 1200, 1400, 1600 и 1800 mm. За два типа роторних багера копови имају пет различитих величина транспортера, што је очигледно нерационално.

Копови имају укупно 18 роторних багера за пројектовану производњу која је одређена по коповима:

Нерационалност техничко - технолошких решења се одражава и на број потребних помоћних машина за опслуживање откопних машина.

Коп	Откривка ($\text{m}^3 \times 10^3$)	Угљ (т $\times 10^3$)
„Добро село“	11000	8500
„Белаћевац“	13500	8200
УКУПНО:	24500	16,7

Упоређујући пројектоване капацитете и откопну опрему копа „Белаћевац“ у басену „Косово“ са

копом „Тамнава Исток” у басену „Колубара” добија се још потпунији увид у исправност техничко-технолошких решења. [2]

За приближно исте пројектоване количине откривке и угља капацитет копа „Белаћевац” има 1,5 пута већи збир теоретских капацитета багера и

Коп	Откривка + угља ($m^3 + tx \cdot 10^3$)	Број багера	Капацитети багера ($m^3 / h \cdot 10^3$)
“Белаћевац”	21700	10	24400
“Тамнава Исток”	18000	4	16400
Односи	1,2	2,5	1,49

ангажује 2,5 пута више багерских јединица него коп „Тамнава Исток”. Очигледност је толика да је коментар непотребан, а последице оваквих решења су познате и присутне данас. Код израде наредних инвестиционих програма и пројеката, као што су поље „Сибовац” и „Крушевац”, неопходно је да се сва емпириска сазнања уграде при изради техничко - технолошких решења. [1]

МОГУЋИ КАПАЦИТЕТИ ПО ДЕЛОВИМА БАСЕНА “КОСОВО”

СЕВЕРНИ ДЕО

Овај део басена је најбоље истражен и има најповољнији однос за откопавање. Просечни коефицијент откривке износи 0,9. У овом делу басена у раду су два површинска копа „Добро Село” и „Белаћевац” који напредују један према другом и када се споје постаје коп са два крила. Капацитет „Доброг Села” је $8,5 \times 10^6$, а „Белаћевца” $8,2 \times 10^6$ тона ровног угља.

У овом делу басена пројектован је, на нивоу инвестиционог програма, коп „Сибовац” - капацитета 18×10^6 тона/год. Сва три копа налазе се западно од реке Ситнице. Источно од реке Ситнице налази се поље „Крушевац”, чија је истраженост на нивоу поља „Сибовац”. Резерве су ција $1,5 \times 10^9$ тона, а при производњи од 35×10^6 тона/год. обезбеђује се експлоатација северног дела од 43 године. [4]

СРЕДЊИ ДЕО

Истраженост се креће на нивоу категорија *B* и *C₁*. Виши ниво истражености резерви налази се источно од реке Ситнице. Просечни коефицијент откривке износи 1,4 за целокупни простор овог дела басена. Укупне резерве износе $3,8 \times 10^9$ тона. Пројекат „Ошто Голд” предвиђа отварање копа капацитета 45×10^6 тона/год. и захвата средњи део басе-

на источно од пруге Приштина - Косово Полье - Пећ, а задире у јужни део око 350 м. [4]

Западни део средишњег дела басена захвата око $1,5 \times 10^9$ тона угља и ако би се експлоатисао предвиђеним капацитетом, век трајања би износио 33 године. Цео средњи део, под условом капацитета од 45×10^6 тона/год. трајао би 84 године. [4]

ЈУЖНИ ДЕО

Резерве угља у овом делу басена износе око $1,8 \times 10^9$ тона. Просечни коефицијент откривке износи 2,47. Овај део басена је најмање истражен, резерве су на нивоу *C₁* категорије. У овом делу басена може се развити капацитет од 45×10^6 тона/год. у трајању од 40 година. [4]

ПРАТЕЋА ПРОБЛЕМАТИКА ПОВРШИНСКЕ ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ

У границама простирања лежишта налази се, по правилу, најбоље пољопривредно земљиште, простори на којима су смештена насеља, индустријска постројења и објекти инфраструктуре.

Физичко разарање простора је неизбежна карактеристика рударске експлоатације. Разарање је поступно и у функцији динамике физичког обима производње а траје више десетина година. За своје време експлоатације врши се одводњавање које за последицу има снижење нивоа подземних вода у непосредној околини копа. Истовремено има појава нарушавања подземних водених токова.

Хемијско загађивање настаје као последица оксидационих процеса из откривених минералних сировина и депонија. Загађивање се простира и у ваздуху и захвата знатне површине али истовремено се јавља и загађивање подземних вода у региону копа. Воде које се користе у технолошке сврхе од воде се у површинске водотокове, те представљају извор непрекидног загађивања.

Загађивање ваздуха потиче од емисије пепела и гасова из димњака термоелектрана као и од депонија пепела. У непосредној близини копова загађеност ваздуха и околине потиче од угљене прашине из копова, транспортера и самозапаљења угља на бермама копова.

ЗАКЉУЧАК

Утврђене геолошке резерве угља у косовском лигнитском басену су знатне и имају повољан однос откривке и угља чиме су подесне за површинску експлоатацију.

Досадашњи развој површинске експлоатације у овом басену није био у складу са пројектованим ка-

пациитетима и одликовао се неусклђеношћу капацитета основне опреме за откопавање, транспорт и одлагање откривке и угља. При избору основне опреме није се успело постићи усклађивање конструктивних особина опреме са физичко-механичким особинама радне средине што је довело до непotpуног искоришћења постојећих капацитета.

Могуће је развијати површинску експлоатацију лигнита у овом басену на неколико површинских копова са знатним годишњим капацитетима у дугом временском периоду уз неизоставно респектоовање стечених искустава и мера заштите животне околине.

SUMMARY

CRITICAL EVALUATION OF ACTUAL MINING OPERATIONS IN KOSOVO COAL BASIN AND POSSIBILITIES FOR ENHANCEMENT OF PRODUCTION CAPACITIES

This paper presents the data relative to the geological reserves of lignite in the Republic of Serbia and the research level of Kosovo coal basin. The designed capacities in open pit mines "Dobro Selo" and "Belacévac" are displayed and compared. The authors try to evaluate to what extent the capacities of each operating unit, within the EBS system (excavator-belt-stacker) are mutually coordinated. At the same time they are giving the forecast of possible enhancement of open pit coal mining, considering eventual difficulties connected with environmental problems.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основни критеријуми за избор експлоатационих поља поједињих угљених басена у Југославији ради заједничке изградње електроенергетских објеката за период до 2010 године (Студија Рударског института 1988. год.)
2. Пројекти Рударског института
3. Годишњи статистички извештаји о производњи угља и јаловине
4. Енергетски потенцијали за производњу електричне енергије (Студија, 1. део 1990.)
5. Прорачуни геолошких резерви лигнита у косовском и метохијском басену (студија РГ факултета, Београд)

АУТОРИ

Ивица Јаковљевић, дипл. инж. руд.
директор УОЈ "Добро Село"
Драган Костић, дипл. инж. руд.
технички директор УОЈ "Добро Село"

Na osnovu izvršenih rudarsko-geoloških istraživanja i utvrđenih rezervi ruda bora, Rudarski institut Beograd, kroz izradu strudije opravdanosti (Feasibility Study) izučavao je mogućnost eksploatacije rude i proizvodnje koncentrata bornih minerala iz rude na lokalitetu Pobrđski potok. U okviru ovih istraživanja definisan je način otvaranja i eksploatacije rude bora. Pored toga dokazano je da se iz ove rude mogu proizvesti koncentrati kolemanita i haulita sa sadržajem B_2O_3 od 45-46% i iskorišćenjem 52-54%. Kvalitet koncentrata zadovoljava svetsko tržiste ali je iskorišćenje relativno malo. Daljim izučavanjem rude i usavršavanjem procesa koncentracije može se realno očekivati poboljšanje ovih parametara.

UVOD

Bor je elemenat koga ima relativno malo u zemljinoj kori, manje od 0,001%. Nasuprot njegovoj maloj rasprostranjenosti i prirodi, potrebe za borom i njegovim jedinjenjima su značajne. Kao retko koji materijal, jedinjenja bora se susreću u praktično svim industrijskim oblastima: od običnih sredstava za pranje u domaćinstvu, preko industrijskih stakala, do materijala visokih tehnologija kao što su ultratyrdi materijali mikroelektronike. Treba još dodati da nuklearne tehnologije ne bi mogle biti ostvarene bez bora. Zbog svoje veoma široke primeњene, bor se preraduje i primenjuje u velikom broju različitih jedinjenja. Među njima su najznačajniji borna kiselina i boraks. Da bi se otpočelo sa razvojem tehnološkog postupka za dobijanje bornih jedinjenja, potrebno je posedovati relevantne podatke o sastavu i rezervama rude kao i zahtevima za određenim finalnim proizvodima.

Postoji veliki broj minerala koji sadrže bor, ali se samo neki mogu koristiti za komercijalno dobijanje bora i bornih jedinjenja. Najznačajniji minerali iz kojih se komercijalno može dobiti bor su: trinikal, kernit, tinkalkonit, kolemanit, uleksit, boracit.

Prema ispitivanjima koje je izvršila firma "Cristal Exploration, Inc" iz Kolorada, ruda ležišta Pobrđski potok sastoji se iz tri minerala: uleksita ($CaNaB_5O_9 \cdot 8H_2O$), kolemanita ($Ca_2B_6O_{11} \cdot 5H_2O$) i haulita ($CaSiBO_4$). Sadržaj B_2O_3 u sva tri minerala je >40%, čime se ovo nalazište svrstava u jedno od bogatijih u svetu po sadržaju bora. Procenjene rezerve ove rude na istraživana tri lokaliteta su $7 \cdot 10^6$ t. [2]

Ovaj članak je urađen na osnovu Tehno-ekonomiske studije o mogućnosti eksploatacije ležišta minerala bora u području Baljevca na Ibru, koje je uradio Rudarski in-

UDK: 622.27:622.369

Prethodno saopštenje

EKSPLAATACIJA BORNIH MINERALA NA PODROČJU BALJEVCA NA IBRU

Dušan Crnobrnić
Nikola Jokić

stitut, a želi se ukazati na mogućnosti eksploatacije ove rude. [1]

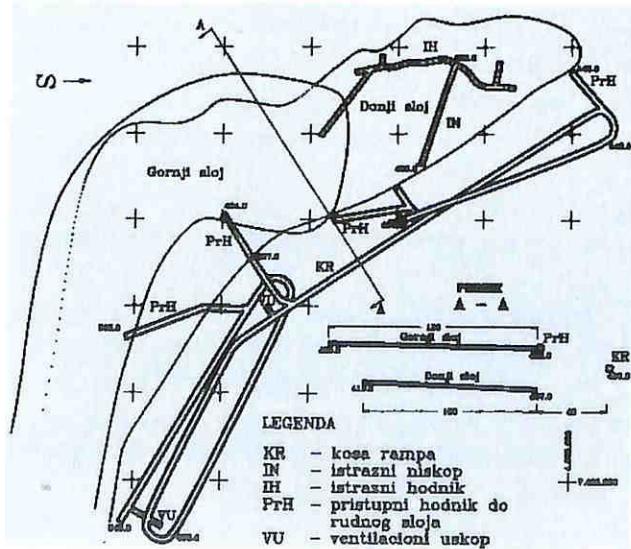
LOKACIJA I OPŠTE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

Jarandolski tercijalni basen nalazi se na području Baljevca na Ibru, u dolini reke Ibar, oko 14 km severno od Raške. Basen je izdužen i priža se u pravcu Z-SZ i J-JI. Rekom Ibar podeljen je na dva dela: istočni piskanski, koji se nalazi na desnoj obali reke Ibar na oko $1,5 \div 2,0$ km od Baljevca i zapadni, u užem smislu jarandolski, koji se nalazi zapadno od Baljevca na Ibru, a udaljen je oko 1,6 km od Baljevca sa kojim je povezan makadamskim putem.

Inače Baljevac na Ibru je povezan kako drumskim tako i železničkim saobraćajem sa ostalom delovima Srbije. Nalazi se na Ibarskoj magistrali (put Beograd, G. Milanovac, Kraljevo, K. Mitrovica), a najbliža železnička stanica, Biljanovac udaljena je oko 2,5 km od Baljevca i nalazi se na pruzi Beograd - Raška - Kosovo Polje - Skoplje.

Istražni radovi na području Baljevca na Ibru izvedeni su na tri lokaliteta i to: Pobrđski potok, Piskanja i Raspovovići.

Najveći broj istražnih bušotina urađeno je na lokalitetu Pobrđski potok na kome su vršeni i jamski istražni radovi i gde su dokazane rezerve rude bora A+B+C₁ i C₂ kategorije. Utvrđena su dva rudna sloja, međusobno približno paralelna, sa pravcem pružanja ka jugu i jugoistoku, čiji ugao zaledanja iznosi 15°-25°. Slojevi su međusobno smaknuti za oko 130 m. Moćnost donjeg sloja je 0,1-2,7 m ili prosečno 1,6 m dok je prosečna moćnost gornjeg sloja 1,4 m. [3]. Visinska razlika između ovih slojeva je oko 25 m, (slika 1).



Slika 1 Otvaranje ležišta Pobrđski potok

*EPS-Ibarski rudnici uglja organizaciono vodi ove radove i priprema eksploataciju i preradu.

Početak donjeg sloja nalazi se na koti 459 dok se završetak ovog sloja, u ovoj fazi istraživanja nalazi na koti 305. Početak gornjeg sloja je na koti 443, a završetak sloja na koti 327.

Ovde se mora istaći da će se istraživanje nastaviti u pravcu pada slojeva, ka jugu odnosno jugoistoku. Otežavajuća okolnost je što u odnosu na konfiguraciju površine terena rudni slojevi imaju veći pad što povećava dužinu površinskih istražnih bušotina, a smanjuje mogućnost otvaranja ležišta na više načina.

OTVARANJE I RAZRADA LEŽIŠTA

Prilikom razmatranja otvaranja i otkopavanja rudnih slojeva imalo se u vidu da se oba sloja moraju povezati jamskim prostorijama tako da čine jednu celinu sa jednim otvorom za izvoz rude i ulaz sveže vazdušne struje i drugim otvorima za izlaz istrošene vazdušne struje.

Isto tako i blago zaledanje rudnih slojeva i relativno mala dubina na kome se nalaze slojevi ispod poveštine (30-100 m) nametnuli su mogućnost otvaranja ležišta Pobrđski potok kosim rampama uz eventualnu primenu savremene opreme na dizel pogon, za otvaranje, razradu, pripremu i otkopavanje ležišta. Ovim rampama se omogućava pristup ležištu, odnosno pristup pojedinim nivoima na kojima se vrši otkopavanje, uključujući provetranje, servisiranje, transport rude, jalovine i slično.

Otvarenje ležišta Pobrđski potok kosim rampama (KR), prikazano na slici 1 ogleda se u tome da se posle izrađenih 175 m ove rudničke prostorije i nakon izrade pristupnog hodnika (PrH) do rude, može početi sa pripremom i eksploatacijom ležišta rudnih slojeva. Istovremeno sa otkopavanjem gornjeg dela ležišta, nastavlja se sa izradom kose rampe za pripremu i otkopavanje nižih delova ležišta.

Kosa rampa se izrađuje van konture rudnih slojeva na oko 30-40 m u jalovom materijalu (glinci, laporci), potkovičastog je profila (3,3 m x 3,0 m) sa padom ili usponom od oko 10%. Početak kose rampe nalazi se na koti 460,0 m, završetak na koti 343,0 m, a ukupna dužina je 887 m. Podgrađuje se čeličnom lučnom podgradom.

Od ostalih prostorija otvaranja i razrade izrađuje se pristupni hodnik (PrH) i prolazno-ventilacioni uskopi (VU-1 i VU-2).

Pristupni hodnik (PrH) povezuje kosu rampu sa rudnim slojevima i istih je dimenzija kao i kosa rampa.

Prolazno ventilacioni uskopi služe za provetranje kose rampe pri izradi, za provetranje radilišta prilikom otkopavanja kao i pomoći izlaz za zaposlene radnike. Uskopi se izrađuju kao vertikalne rudničke pro-

storije (dimenzija 2,5x2,0 m). Izrađuju se dva odeljenja, prolazno odeljenje i odeljenje za ventilaciju.

METODA OTKOPAVANJA

Za otkopavanje rudnog ležišta Pobrđski potok izabrana je "Metoda otkopavanja rudnih stubova sa zarušavanjem neposredne krovne", kao varijanta komorno-stubnih metoda otkopavanja.

PRIPREMA BLOKA

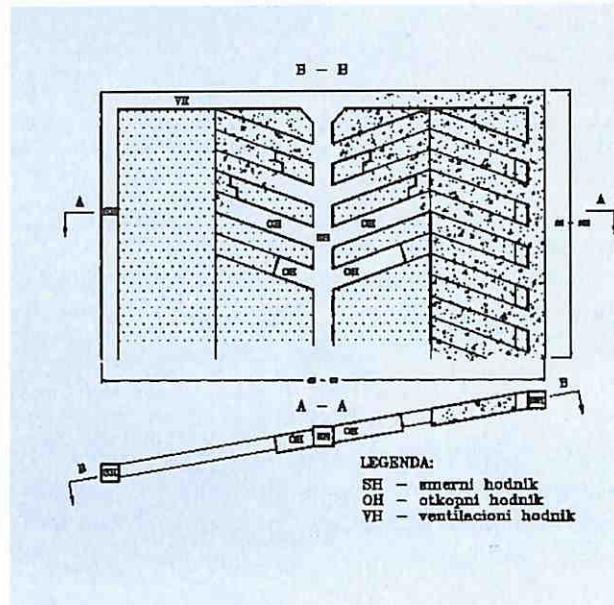
Priprema bloka sastoji se u tome da se iz pristupnih hodnika, izrađenih na pojedinim nivoima, izrađuju dva približno paralelna smerna hodnika po rudi (po pružanje rudnih slojeva). Smerni hodnici se izrađuju sa padom ili usponom u zavisnosti od pada rudnih slojeva i to do granice rudnog sloja gde se izradom ventilacionog hodnika uspostavlja ventilaciona veza dva smerna hodnika. Uspostavljanjem ventilacione veze uspostavljena je i protična vazdušna struja, čime se stiču uslovi za otkopavanje. Rastojanje između smernih hodnika je 20-40 m u zavisnosti da li se otkopavanje iz smernog hodnika vrši dvokrilno ili jednokrilno, a dužina otkopa odnosno smernih hodnika je od 50-100 m.

Dimenzije smernih i ventilacionih hodnika su 2,6 x 2,6 m, a podgrađuju se drvenom podgradom ili kombinacijom frikcionih čeličnih stubova sa drvenim podvlačkama.

OTKOPAVANJE

Otkopavanje ovom metodom počinje od granice rudnog sloja (kraja smernog hodnika) prema pristupnom hodniku (PrH). Iz smernog hodnika na jednu i drugu stranu izrađuju se otkopni hodnici dimenzija 3,0 x 2,5 m dvokrilno od granice otkopa, prikazano na slici 3. Između ova dva susedna otkopna hodnika ostaje stub širine 3,0 m. Završetkom izrade otkopnog hodnika do granice otkopa počinje se sa obaranjem stuba između dva otkopna hodnika. Otkopavanje započinje od kraja otkopnog hodnika prema smernom hodniku. Deo stuba između dva susedna otkopna hodnika, 3,0 x 2,0 m, a ne posredno uz smerni hodnik se ne obara, nego ostaje kao zaštitni stub smernog hodnika, zbog potrebe protičnog provetrvanja. Da bi se smanjilo osiromašenje rude prilikom izrade prostorija u okviru otkopa, kao i samog otkopavanja stubova vrši se selektivno odvajanje rude i jalovine.

Kod selektivnog načina otkopavanja, prvo se vrši otkopavanje rude koja se zatim transportuje na površinu a potom se pristupa obaranju jalovog materijala. Selektivni način otkopavanja je u mnogome uticao na smanjenje kapaciteta otkopa kao i na smanjenje otkopnog učinka.



Slika 2 Metoda otkopavanja

Bušenje minskih bušotina na izradi pripremnih prostorija kao i pri obaranju stubova vrši se pneumatskim bušaćim čekićima BBD-90 W ili VK-30 sa potpornom nogom.

Miniranje bušotina se vrši praškastim eksplozivom, sa minimalnom količinom eksploziva, uz što manje usitnjavanje rudne supstance.

Utovar i odvoz rude sa otkopa do pristupnih hodnika vrši se utovarno-transportnom mašinom na dizel pogon Wagner tipa HST-1, a zapremine kašike 0,75 m³. U pristupnim hodnicima ruda se utovara u jamske kamione Wagner tipa MT-405, nosivosti 8,0 t i izvozi na površinu do bunkera za rudu. Jalovi materijal se jednim delom odlaže u okviru otkopa, a jedan deo se izvozi napole.

Potrebno je istaći da ležište još nije otvoreno i da nema ostvarenih tehničkih parametara pripreme i otkopavanja. Ovde će se dati podaci koji su dobijeni na osnovu izučavanja, projektovanja i utvrdjivanja opravdanosti eksploatacije ovog ležišta.

Projektovani tehnički parametri se daju za dužinu otkopa 100 m, širinu 40 m i moćnost 1,5 m, i to:

• količina rude u bloku	13.200 t
• koeficijent iskorišćenja	95%
• koeficijen osiromašenja	5%
• smenski kapacitet	30 t
• broj radnika na otkopu	5
• učinak na otkopu	6 t
• faktor pripreme u rudi	18,18 mm/t

Istraživanjem tehnološkog procesa pripreme i prerađe rude utvrđeno je da ze iz rovne rude može dobiti ko-

lemanit minerala bora sa 45-46% B_2O_3 , ali je u ovoj fazi istraživanja ostvareno relativno malo iskorišćenje bornih minerala iz rude. Proces istraživanja se nastavlja i svi rezultati ukazuju da se može očekivati ostvarenje boljih tehničko-tehnoloških parametara.

ZAKLJUČAK

U radu je prikazana pogućnost eksploatacije rude bora na lokalitetu Pobrđski potok u blizini Baljevca na Ibru. U okviru toga prikazano je otvaranje ležišta Pobrđski potok, način eksploatacije odnosno metoda otkopavanja, primenjena oprema kao i projektovani tehnički parametri metode otkopavanja. U okviru obrađene tehnno-ekonomiske studije došlo se do zaključka da ovo ležište predstavlja pouzdanu osnovu za ekonomično otkopavanje i dobijanje komercijalnih poluproizvoda i proizvoda na bazi minerala bora.

SUMMARY

MINING OPERATIONS FOR BORON ORE MINERALS IN THE REGION BALJEVAC NA IBRU

The Mining institute from Belgrade carried out the necessary mining and geological investigations in order to determine the boron ore reserves in the region Baljevac na Ibru or, more precisely, in the deposit Pobrđski potok. According to these results, a Feasibility Study was elaborated as to define the boron ore mining possibilities and the production possibilities of relative concentrates. In this sense, the methodology for development and mining operations was defined. Besides, it was proved that the quality of this ore enables the production of colemanite and hawlite concentrates with B_2O_3 content ranging from 45 to 46% and with the recovery degree of 52 to 54%. The quality of these concentrates satisfies the standards of the world market, but the recovery degree is comparably low. Further research operations and the enhancement of the concentration processes will, eventually, lead to more advanced parameters.

LITERATURA

1. Tehnoekonomski studija o mogućnosti eksploatacije ležišta minerala bora u području Baljevca na Ibru, Rudarski institut Beograd, 1992.
2. Ruda bora tehnološki i ekonomski potencijali Srbije i SRJ Institut Vinča i Minel Beograd, Savetovanje "Istraživanje bornih minerala i dalja orientacija u vezi toga", Privredna komora Srbije, 1992, Beograd.
3. Branković B., Lazarević Ž., Milošević M., 1994: Borne rude u Srbiji, Rudarski glasnik № 1-4/1994, str. 54-59, Beograd.
4. Branković B., 1996: Decreptation - Celemanite Concentration Proces, Mining Science and Tehnology, Volume 1, 1996, № 1-2, str. 45-49, Belgrade.

AUTORI

Dušan Crnobrnić, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd
Nikola Jokić, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

Kod donošenja odluke o eksploataciji mineralne sirovine, osim tehnico-ekonomskih pokazatela treba analizirati i druge specifičnosti. Na primeru dva površinska kopa krečnjaka "Suva Vrela" i "Godljevo", koji se nalaze u okolini Kosjerića, od presudnog značaja bio je problem eksproprijacije zemljišta i objekata, koji je odredio da se dobijanje krečnjaka vrši u nepovoljnim tehnološko-ekonomskim uslovima.

OPŠTI PODACI O LEŽIŠTU

Na udaljenosti od oko 3 km od mesta Kosjerić, nalaze se dva lokaliteta istog ležišta, nazvani "Suva Vrela" i "Godljevo". Cementara Kosjerić je udaljena od ležišta oko 1 km. Povoljne saobraćajne veze čine put Valjevo-Kosjerić, i železnička pruga Beograd-Bar.

Ležište se nalazi na nadmorskoj visini od 430-630 m, i to na brdovitom terenu. Klima je kontinentalna, sa prosečnim padavinama oko 780 mm.

U geološkom pogledu, ležište čine gornjo-kredni krečnjaci, kao i sedimenti miopliocena (laporci gline).

Na ovom terenu postoje stalni vodotokovi, a to su rečice Sečica i Godljevača, koje čine reku Skrapež.

Geološkim istražnim radovima utvrđene su sledeće rezerve krečnjaka:

- na lokalitetu "Suva Vrela": oko 21×10^6 t
- na lokalitetu "Godljevo": oko 9×10^6 t
- kvalitet sirovine: sadržaj CaO je od 51,7% - 52,1%

OGRANIČENJE POVRŠINSKIH KOPOVA

Na lokalitetu "Suva Vrela" površinska eksploatacija krečnjaka se vrši već duži vremenski period. U sadašnjem trenutku visina kopa iznosi oko 150 m. [2]

Sistem eksploatacije obuhvata:

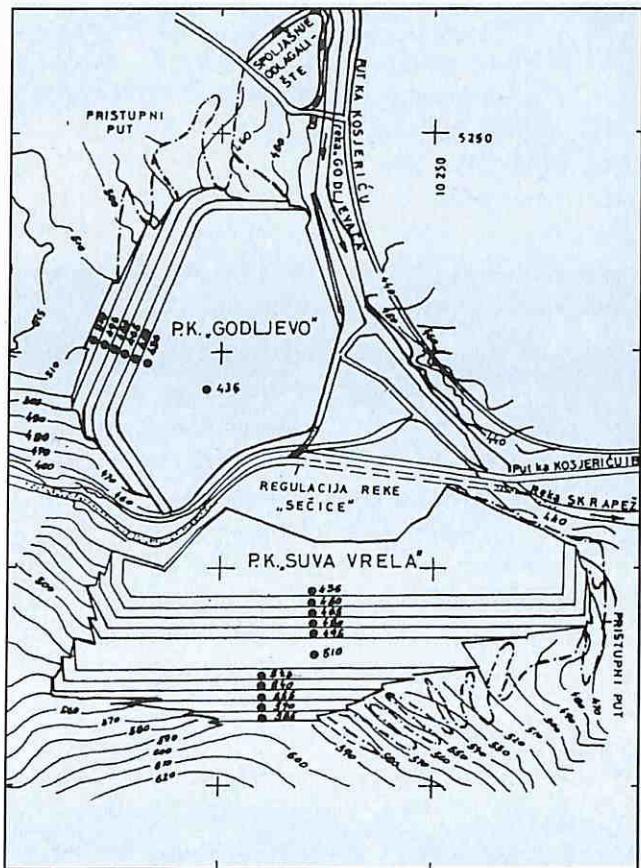
- a) bušačko-minerske radove na etažama visine 15 m
- b) obaranje minirane mase na osnovni, utovarni plato (koti 436 m) pomoću energije eksploziva, i pregravanjem pomoću buldožera
- c) utovar sirovine na koti 436 m pomoću utovarača
- d) transport sirovine pomoću dampera (do cementare koja je udaljena oko 1 km od ležišta)
- e) pomoćni radovi podrazumevaju izradu pristupnih puteva, održavanje niveleta etaža itd.

Tehnološka šema rada na P.K. "Suva Vrela" prikazana je na slici broj 2.

Nastavak dalje eksploatacije krečnjaka podrazumeva povećanje ukupne visine površinskog kopa sa problemima izrade i održavanja puteva, a samim tim smanjuje se sigurnost u radu, zbog obaranja masa sa većih visina.

UTICAJ SPECIFIČNIH USLOVA NA EKSPLOATACIJU LEŽIŠTA KREČNJAKA ZA POTREBE FABRIKE CEMENTA "KOSJERIĆ" U KOSJERIĆU

Ljubinović Miodrag, dipl. ing. rud.
Radenović Slađana, dipl. ecc.



Slika 1. P.K. "Suva vrela" i P.K. "Godeljevo"

Analizirane su mnoge varijante daljeg razvoja ovog površinskog kopa, i kao definitivno rešenje prihvaćeno je ograničenje P.K. "Suva Vrela" kako je dato na slici broj 1. Suština prihvaćene varijante se ogleda u povećanoj sigurnosti u radu koja se sastoji u formiranju pretovarnog platoa na koti 510 m. Izradom pretovarnog platoa obaraju se mase sa 4-5 etaža u visinskom delu, odnosno isto tako i u dubinskom delu, što omogućava pored veće sigurnosti u radu i bolju kontrolu kvaliteta sirovine. Pored toga stvaraju se mogućnosti izrade dva mesta utevara na platou 436 m. Na jednom se vrši utevar, a na drugom preguravanje krečnjaka. Lokacija dela ležišta "Godljevo" se nalazi u neposrednoj blizini P.K. "Suva Vrela". Prostor ležišta zahvata relativno blag teren sa visinskom razlikom od kote 435 m do kote 520 m. Ograničen površinski kop prikazan je na slici br.1. Tehnološki proces eksploatacije obuhvata iste faze rada kao i na P.K. "Suva Vrela" odnosno:

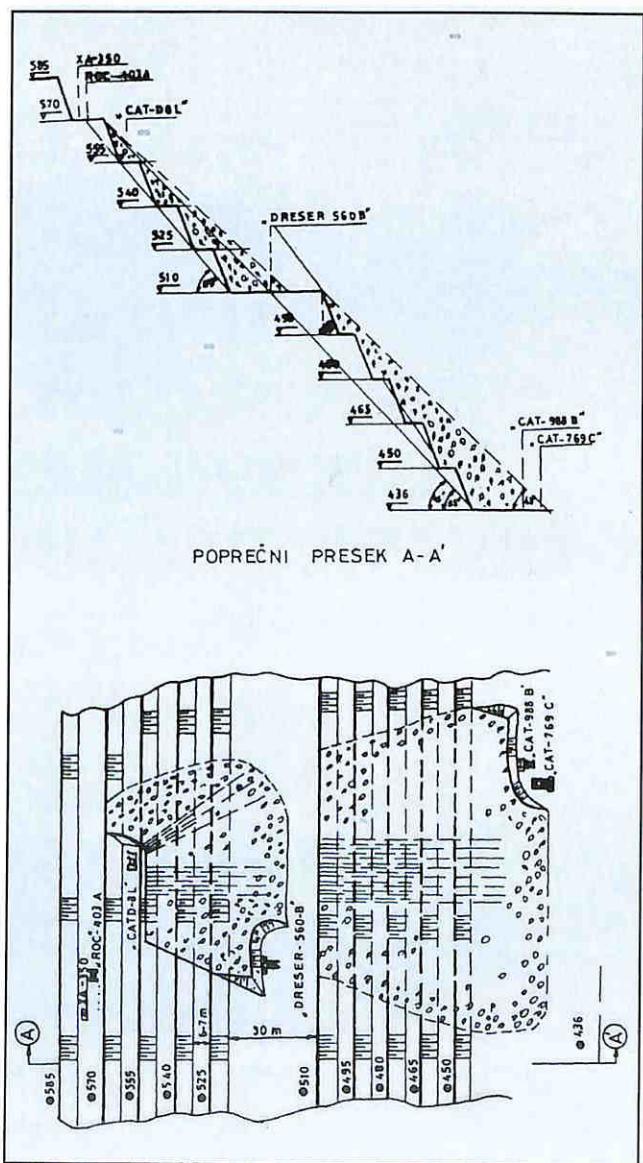
- bušačko-minerske radeve [1]
 - obaranje miniranog materijala pomoću eksploziva i buldozera
 - utovar preguranog materijala pomoću utovarača
 - transport sirovine do cementare "Kosjerić" damperima
 - pomoćni radovi (izrada puteva i platoa etaža)

Ovako ograničen P.K. "Godljevo" zahvata zнатне površine privatnog zemljišta na kojem su voćnjaci, pašnjaci, njive, šume kao i privatni stambeni i drugi objekti. Tehnološkim procesom eksploatacije (bušačko-minerskim radovima), takođe su ugroženi i drugi privatni objekti u blizini površinskog kopa, koje takođe treba ot-kupiti, ili izvršiti odgovarajuću zamenu, uz saglasnost vlasnika. [3]

U cilju što boljeg sagledavanja konačne odluke o dajloj eksplotaciji krečnjaka, izvršena je ekonomska analiza, kao jedan od najbitnijih činilaca za donošenje konačne odluke.

EKONOMSKI DEO

Metodologija izrade ekonomskog dela je u skladu sa zahvatima Zajedničke metodologije udruženja banaka



Slika 2. Šema rada na P.K. "Suya vrela"

Jugoslavije, bez utvrđivanja ukupnog prihoda od krečnjaka, s obzirom da se sirovina ne isporučuje tržištu.

Na osnovu tehničko-tehnološkog dela i cena pri kraju 1995. god., investiciona ulaganja iznose:

Naziv	P.K. "Suva Vrela" (din.)	P.K. "Godljevo" (din.)
Izrada puta i regulacija reke Sečice	200.491	423.723
Eksproprijacija	916.774	3.236.893

Konstrukcija finansiranja obuhvata korišćenje sopstvenih sredstava investitora (sa kamatom od 15%, i rokom otplate od 5 god. - na osnovu zajedničke metodologije o opravdanosti ulaganja).

Kamate iznose:

- za P.K. "Suva Vrela" 510.435 dinara
- za P.K. "Godljevo" 1.672.386 dinara

Obračun troškova proizvodnje se sastoji od: troškova kapitala, materijalnih troškova i troškova rada.

Naziv	P.K. "Suva Vrela" (din.)	P.K. "Godljevo" (din.)
Amortizacija	413.638	346.417
Investiciono održavanje	180.840	153.875
Osiguranje	46.714	41.646
Materijalni troškovi	1.501.125	1.424.250
Bruto lični dohodci (na godinu)	836.976	765.744

Proračun troškova proizvodnje je izvršen na osnovu cene koštanja 1t krečnjaka za oba lokaliteta, a na bazi proizvodnje od 300.000 t/god.

Dobijeni su sledeći rezultati:

- za P.K. "Suva Vrela" 10,271 din/t
- za P.K. "Godljevo" 10,221 din/t

ZAKLJUČAK

Tehno-ekonomска анализа је показала да је цена коштанja 1t krečnjaka са P.K. "Godljevo" нижа за 0,05 din/t, па је самим тим ова варијанта повољнија. Али узимајући у обзир relativно малу годишњу uštedu i specifičnost investicije (eksproprijaciju), као и dugogodišње искуство u rešavanju ovakvih problema (dugi sudski sporovi, ili ponekad ne prihvatanje bilo kakve nagodbe od strane

vlasnika) doneta је одлука о nastavku rada на P.K. "Suva Vrela", за sledeći period od 20 godina.

SUMMARY

INFLUNCE OF SPECIFIC CONDITIONS ON LIMESTONE MINING OPERATIONS WHICH PROVIDE THE "KOSJERIĆ" CEMENT FACTORY IN KOSJERIĆ

When mining operations are to begin technical and economic parameters are analysed, but certain particular conditions should, also be considered when final decisions are to be made. This is the case of two limestone open pit mines "Suva Vrela" and "Godljevo", located in the vicinity of Kosjerić, where expropriation problems were decisive for further development of mining operations which are, consequently, to be performed under inferior technical and economic conditions.

LITERATURA

1. Purtić N., 1991: Bušenje i miniranje, RGF - Beograd.
2. Dopunski rudarski projekat eksploatacije kračnjaka na P.K. "Suva Vrela" RI - Beograd, 1995.
3. Aneks glavnom rudarskom projektu eksploatacije krečnjaka na ležištu "Godljevo" RI - Beograd, 1995.

AUTORI

Ljubinović Miodrag, dipl. ing. rud.
Radenović Slađana, dipl. ecc.,
Rudarski institut – Beograd

Utvrđivanja čvrstoće smicanja materijala koji se odlaže kao i podloge odlagališta, predstavljaju poseban problem pri izboru metodologije za određivanje elemenata unutrašnjeg otpora, ugla unutrašnjeg trenja i kohezije. Analizirane su odredene zavisnosti kod utvrđivanja sile otpora i smicanja jalovine s obzirom na stepen zbijenosti, vlažnosti i opterećenja u funkciji tehničko-tehnoloških uslova odlaganja. Izložena je metodologija određivanja čvrstoće smicanja jalovine i prikazani su rezultati uporednih ispitivanja po postupku Krey-Tiedemanna i Hvorsleva za određene materijale sa odlagališta naših ugljenih basena (Kostolac, Kolubara i Kosovo).

Time je potvrđen pristup Autora, da se za ispitivanje materijala za odlaganje ne mogu usvojiti standardni postupci ispitivanja koji se inače koriste u građevinarstvu, već se moraju, u zavisnosti od problematike i uslova odlaganja, primeniti specifični postupci.

UVOD

Odlagališta predstavljaju objekte specijalne konstrukcije koji se, u toku procesa odlaganja postepeno povećavaju i pod sopstvenom težinom odloženog materijala (jalovine) zbijaju.

Čvrstoća smicanja otkopanog, transportovanog i odloženog materijala u nekoj elementarnoj zapremini konstrukcije odlagališta zavisiće, prema tome, od veličine sopstvenog opterećenja i vremena trajanja delovanja tog opterećenja na zapreminu. Jalovina u odlagalištu u pogledu svoje strukture i procesa konsolidacije ima specifičnosti te se razlikuje od materijala sa neporemećenom strukturon, pri čemu se ovi uslovi moraju uzeti u obzir i kod ispitivanja čvrstoće smicanja.

Stabilnost odlagališta u zavisnosti od vremena i prostora definisana je poznatim jednačinama:

- sile otpora:

$$\sum_{i=1}^n \tau_{ot} = \sum [(\sigma_u - u) \operatorname{tg} \varphi + c] \quad (1)$$

- sile smicanja:

$$\sum_{i=1}^n \tau_{sm} = \sum_{i=1}^n 0,5 \cdot \sigma_0 \cdot \sin^2 \alpha_i \quad (2)$$

Sile otpora se mogu prikazati u funkciji zapremske mase i normalnog opterećenja u površini smicanja sledećom zavisnošću:

$$\tau_{ot} = f (\sigma_n, \gamma) \quad (3)$$

IZBOR METODOLOGIJE ZA ODREĐIVANJE MEHANIČKIH SVOJSTAVA MATERIJALA KOJI SE ODLAŽE

Radmilo Obradović

Ukoliko ne postoji mogućnost bubrenja, novo naponsko stanje ne utiče na razvoj viška pornog pritiska, ni u periodu izgradnje, ni u kasnijoj fazi eksploatacije. U tom slučaju postoji potreba da se izvode prethodna opterećenja. Usvaja se da je maksimalno opterećenje pri klizanju jednako opterećenju od mase objekta. Izbor opreme za ispitivanje u tom slučaju nije bitan, pošto su rezultati ispitivanja opita direktnog i triaksijalnog smicanja, u odsustvu razvoja pornog pritiska, uporedivi. Za one materijale koji daju krt i polukrt karakter loma, ispitivanja ipak treba sprovoditi u triaksijalnim uslovima.

Kada postoji mogućnost bubrenja treba modelirati dva slučaja.

Jedan, kada dolazi do spore zamene iskopanog materijala (što se odnosi na formiranje unutrašnjeg odlagališta), i kada se stvaraju uslovi slobodnog bubrenja podloge. U laboratoriji se onda ti uslovi modeliraju tako što se uzorci podvrgavaju slobodnom bubrenju gde je veličina strukturne čvrstoće bliska nuli.

Dруги slučaj je karakterističan za izgradnju objekata i nastaje pri brzoj zameni iskopane mase tla, masom objekta kod kojih je opterećenje manje od pritiska bubrenja. U tom smislu do bubrenja tla dolazi u kasnijoj fazi kada je objekat izrađen. U tom slučaju je neophodno, pri oceni otpora smicanja izvoditi prethodno bubrenje tla pod pritiskom, koji je jednak opterećenju mase objekta. Smicanje se u tom slučaju izvodi u uslovima zatvorenog sistema pod pritiskom, koji je jednak masi objekta.

b) Opterećenja koja odgovaraju čvrstoći strukturalnih veza su manja od pritiska mase objekta

Ovde takoče postoje dva slučaja.

Jedan, kada se u podlozi objekta nalazi glinovito tlo sa koeficijentom filtracije većom od 10^{-8} m/s ili ako postoji mala debljina glinovitog sloja sa slojem koji se dobro filtrira. U slučaju veće propustljivosti stvaraju se uslovi brzog nestajanja pornog pritiska. U cilju stabilizacije podloge, ako tempo izgradnje objekta nije ubrzan postoji mogućnost prethodne konsolidacije (izradom predodlagališta, ako se radi o formiranju odlagališta ili nasipa bilo koje namene) pod opterećenjem koje će proizvesti objekat. U laboratorijskim uslovima vreme prethodne konsolidacije kreće se od 16 h do 24 h, u zavisnosti od filtracione sposobnosti materijala. U tom vremenskom periodu izvrši se 80-90% sleganja uzorka. Smicanja uzorka vrše se pod opterećenjima koja su manja nego pritisak prethodne konsolidacije.

Drugi slučaj, nastaje kada su u podlozi glinovita tla sa niskim filtracionim sposobnostima za materijal sa stepenom zasićenja $S_r > 0,85$ i koeficijentom konsolidacije $c \geq 1 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{god.}$, a što odgovara koeficijentu filtracije reda 10^{-8} do 10^{-9} m/s i manje.

U ovom slučaju smicanje se vrši u triaksijanom aparatu po zatvorenom sistemu. Maksimalna veličina opterećenja pri smicanju treba da odgovara pritisku projektovanog opterećenja.

Posebni slučajevi nastaju kada konsolidacija tla znatno zaostaje sa brzinom priraštaja opterećenja. To bi bili slučajevi odlaganja sa transportnim mostom ili odlagača većeg kapaciteta, što je analogno punjenju rezervoara za naftu, silosa bunkera za ugalj i slično. U ovim slučajevima se primenjuje metodologija ispitivanja na smicanje bez prethodne konsolidacije pri zatvorenom sistemu, a pod opterećenjem koje se predviđa.

TLA NEZASIĆENA VODOM

Ako je tlo u nezasićenom stanju, kao i u prethodnom slučaju postoje dve varijane.

Prva, kada je opterećenje, koje odgovara sturktornoj čvrstoći, veće od težine objekta, varijanta ispitivanja ostaje ista kao i u prethodnom poglavljju. Kada pritisak od težine objekta dovodi do razaranja strukturalnih veza, tada se određuje pritisak pri kojem tlo postaje zasićeno vodom. U laboratorijskim uslovima određivanje takvog opterećenja sastoji se u tome da se izvrši konsolidacija uzorka pod različitim vertikalnim opterećenjem, a posle opita izračunaće se stepen zasićenja uzorka.

U drugom slučaju, ako je opterećenje, pri kojem stepen zasićenja postane jedinica, manje od opterećenja koje nastaje od objekta, tada se formiraju iste varijante kao i ranije.

Može da nastupi slučaj da opterećenje od objekta ne dovodi tlo u stanje potpunog zasićenja vodom, tada treba da se uzorci zbijaju pod opterećenjem koje se predviđa za objekat, ne prevodeći ih u zasićeno stanje.

Za ocenu čvrstoće smicanja koherentno-nekoherentne jalovine naročito se postavlja pitanje uticaja i učešća krupnijeg materijala na njegovu veličinu. U takvim slučajevima vrše se dve vrste ispitivanja u laboratoriji.

Prvo; ispituje se samo ispuna.

Druge; ispitivanje ne aparatima direktnog smicanja (površine preseka $A=1000 \text{ cm}^2$ i više) nije savršeno, jer se često dobijaju rezultati koji su uslovljeni zaklinjanjem krupnijih komada u smičućoj ravni.

Za krupne komade tla sa glinovitom ispunom, koji sadrže manje od 30% krupnih frakcija, parametri čvrstoće smicanja određuju se na osnovu podataka o ispitivanju ispune.

Kada je sadržaj krupno-komadnih frakcija veći od 30%, tada se elementi unutrašnjeg otpora (ugao unutrašnjeg trenja φ i kohezije c) određuju prema sledećem izrazu.

Ova zavisnost određuje se laboratorijskim ispitivanjem za različite stepene zbijenosti i vlažnosti i to tako, što se prethodno odredi zavisnost zbijenosti od opterećenja σ_o i brzine delovanja v .

Opšti izraz za određivanje zbijenosti, biće:

$$\gamma = f(\sigma_o, v) \quad (4)$$

Vreme delovanja opterećenja usled sopstvene težine predstavlja drugi važan faktor koji uslovljava promenu normalnog napona σ_o u nekoj horizontalnoj ravni, tj.

$$\sigma_o = f(t) \quad (5)$$

Sile smicanja zavise od normalnih i tangencijalnih naponi, od težine slojeva odloženog materijala i ugla nagiba klizne površine. One su funkcionalno vezane sa promenom vremena t i opterećenjem σ_o , pa sledi:

$$\tau_{sm} = f(\sigma_o, t) \quad (6)$$

Zbijanje odloženog materijala u konstrukciju odlagališta počinje u prvom periodu odlaganja, tj. pri obrazovanju trofaznog sistema, kada zbog opterećenja, dolazi do istiskavanja vazduha, pri čemu čvrstoća raste određenim intezitetom. Tada se sabijanju jalovine suprotstavlja samo struktura pseudogranulacije i unutrašnje molekularne veze pojedinih jalovinskih agregata.

Daljim opterećenjem usled odlaganja, poboljšava se čvrstoća između pseudofrakcija, u slučaju kada ne postoji sapeta voda, odnosno smanjuje se čvrstoća na kontaktu čestica usled oticanja vode iz pora. Tada je uslov Terzaghlja, da je totalni pritisak $\sigma = (\sigma^t - u)$.

Geomehanički uslovi u odloženom materijalu, koji nastaju u vezi sa izloženim, daleko su van iskustva koja se koriste u klasičnoj teoriji mehanike tla, a razvoj metoda kojima bi se rešavali problemi stabilnosti i teorije o ponašanju razdrobljenog prirodnog tla u ovakvim uslovima ne prate stvarne potrebe.

Stručnjak koji se bavi problemima mehanike tla u rudarstvu, specijalno za odloženi materijal je prinuđen da odredi čvrstoću smicanja jalovine na način koji bi najviše odgovarao kako prirodnim uslovima, tako i tehničkim prilikama pod kojim se određeno odlagalište obrazuje.

METODOLOGIJA ODREĐIVANJA ČVRSTOĆE SMICANJA

Pokazatelji čvrstoće smicanja tla i jalovine su osnovne karakteristike pri proračunu stabilnosti kosina odlagališta, proračunu sleganja i drugih potpornih konstrukcija.

Rezultati laboratorijskih ispitivanja biće verodostojni, kada metodologija ispitivanja podržava uslove te

jalovine i objekta. Danas postoji veliki broj metodologija određivanja čvrstoće smicanja, od kojih svaka može biti primenjena samo u strogo određenim uslovima za pojedine vrste tla (ili materijala).

JUS-om su definisane pojedine metodologije ispitivanja čvrstoće smicanja u mehanici tla. Međutim, za potrebe ispitivanja stabilnosti kosina kopova, a naročito odlagališta, ne postoji uvek jasno definisani postupci, a koji će se u daljem obrazloženju prikazati.

Svi uticajni faktori mogu se svrstati u sledeće grupe:

1. Uticaj vrste jalovine (sadržaj gline, vlažnost, zbijenost)
2. Uticaj opterećenja
3. Uticaj tehnike ispitivanja (vreme trajanja opita, način dodavanja sličnog opterećenja konstantnom brzinom, postepenim ili neprekidnim dodavanjem)
4. Vrsta i veličina opitnog uređaja (direktno smicanje, triaksijalno, jednoaksijalno)
5. Način odvodnjavanja (drenirani, nedrenirani i dr.)

Ne postoji univerzalna metoda za određivanje čvrstoće smicanja materijala koji se odlaže, već se u zavisnosti od karaktera početne vlažnosti i zbijenosti jalovine primenjuju pre toga ispitivanja:

Brzo (nekonsolidovano-nedrenirano) ispitivanje, kod koga vlažnost ostaje stalna u svim stadijumima ispitivanja, a porni pritisak ima maksimalnu veličinu.

Sporo (konsolidovano-drenirano) ispitivanje, kada dolazi do promene poroznosti i vlažnosti jalovine. Poroznost i vlažnost se nalaze u ravnoteži sa opterećenjem koje deluje u svim stadijumima ispitivanja.

Ubrzano (konsolidovano-nedrenirano) ispitivanje, kada se jalovina u početku zbije pod uticajem svestranog pritiska do potpune stabilizacije, a zatim se vrši njeno sporo razaranje kod stalne poroznosti.

U opitnim modelima teško mogu u celini da se održavaju prirodni uslovi, te se ispitivanja izvode u graničnom stanju. Jedno od graničnih stanja sačinjava postupno dreniranje uzorka ili kako se obeležava kao (D) opit.

Drugu granicu čine opiti bez dreniranja koji mogu biti (CU) opiti ili (UU) opiti. Specijalni postupak nedreniranog opita (CU) može se koristiti za određivanje stvarne kohezije c_w i ugla unutrašnjeg trenja ϕ_w .

U zavisnosti od čvrstoće strukturalnih voda, stepena zasićenja vodom i opterećenja od mase objekta (odlagališta), mogu nastati sledeće varijante ispitivanja.

GRUPE PRIRODNIH STRUKTURA ZASIĆENIH VODOM

- a) Strukturalna čvrstoća tla je veća ili jednaka opterećenju koje nastaje od objekta

Ukoliko ne postoji mogućnost bubrenja, novo naponsko stanje ne utiče na razvoj viška pornog pritiska, ni u periodu izgradnje, ni u kasnijoj fazi eksploatacije. U tom slučaju postoji potreba da se izvode prethodna opterećenja. Usvaja se da je maksimalno opterećenje pri klizanju jednako opterećenju od mase objekta. Izbor opreme za ispitivanje u tom slučaju nije bitan, pošto su rezultati ispitivanja opita direktnog i triaksijalnog smicanja, u odsustvu razvoja pornog pritiska, uporedivi. Za one materijale koji daju krt i polukrt karakter loma, ispitivanja ipak treba sprovoditi u triaksijalnim uslovima.

Kada postoji mogućnost bubrenja treba modelirati dva slučaja.

Jedan, kada dolazi do spore zamene iskopanog materijala (što se odnosi na formiranje unutrašnjeg odlagališta), i kada se stvaraju uslovi slobodnog bubrenja podloge. U laboratoriji se onda ti uslovi modeliraju tako što se uzorci podvrgavaju slobodnom bubrenju gde je veličina strukturne čvrstoće bliska nuli.

Drugi slučaj je karakterističan za izgradnju objekata i nastaje pri brzoj zameni iskopane mase tla, masom objekta kod kojih je opterećenje manje od pritiska bubrenja. U tom smislu do bubrenja tla dolazi u kasnijoj fazi kada je objekat izrađen. U tom slučaju je neophodno, pri oceni otpora smicanja izvoditi prethodno bubrenje tla pod pritiskom, koji je jednak opterećenju mase objekta. Smicanje se u tom slučaju izvodi u uslovima zatvorenog sistema pod pritiskom, koji je jednak masi objekta.

b) Opterećenja koja odgovaraju čvrstoći strukturalnih veza su manja od pritiska mase objekta

Ovde takoče postoje dva slučaja.

Jedan, kada se u podlozi objekta nalazi glinovito tlo sa koeficijentom filtracije većom od 10^{-8} m/s ili ako postoji mala debljina glinovitog sloja sa slojem koji se dobro filtrira. U slučaju veće propustljivosti stvaraju se uslovi brzog nestajanja pornog pritiska. U cilju stabilizacije podloge, ako tempo izgradnje objekta nije ubrzan postoji mogućnost prethodne konsolidacije (izradom predodlagališta, ako se radi o formiranju odlagališta ili nasipa bilo koje namene) pod opterećenjem koje će proizvesti objekat. U laboratorijskim uslovima vreme prethodne konsolidacije kreće se od 16 h do 24 h, u zavisnosti od filtracione sposobnosti materijala. U tom vremenskom periodu izvrši se 80-90% sleganja uzorka. Smicanja uzorka vrše se pod opterećenjima koja su manja nego pritisak prethodne konsolidacije.

Drugi slučaj, nastaje kada su u podlozi glinovita tla sa niskim filtracionim sposobnostima za materijal sa stepenom zasićenja $S_r > 0,85$ i koeficijentom konsolidacije $c \geq 1 \cdot 10^{-7} \text{ cm}^2/\text{god.}$, a što odgovara koeficijentu filtracije reda 10^{-8} do 10^{-9} m/s i manje.

U ovom slučaju smicanje se vrši u triaksijanom aparatu po zatvorenom sistemu. Maksimalna veličina opterećenja pri smicanju treba da odgovara pritisku projektovanog opterećenja.

Posebni slučajevi nastaju kada konsolidacija tla znatno zaostaje sa brzinom priraštaja opterećenja. To bi bili slučajevi odlaganja sa transportnim mostom ili odlagača većeg kapaciteta, što je analogno punjenju rezervoara za naftu, silosa bunkera za ugalj i slično. U ovim slučajevima se primenjuje metodologija ispitivanja na smicanje bez prethodne konsolidacije pri zatvorenom sistemu, a pod opterećenjem koje se predviđa.

TLA NEZASIĆENA VODOM

Ako je tlo u nezasićenom stanju, kao i u prethodnom slučaju postoje dve varijane.

Prva, kada je opterećenje, koje odgovara sturkturnoj čvrstoći, veće od težine objekta, varijanta ispitivanja ostaje ista kao i u prethodnom poglavljju. Kada pritisak od težine objekta dovodi do razaranja strukturalnih veza, tada se određuje pritisak pri kojem tlo postaje zasićeno vodom. U laboratorijskim uslovima određivanje takvog opterećenja sastoji se u tome da se izvrši konsolidacija uzorka pod različitim vertikalnim opterećenjem, a posle opita izračunaće se stepen zasićenja uzorka.

U drugom slučaju, ako je opterećenje, pri kojem stepen zasićenja postane jedinica, manje od opterećenja koje nastaje od objekta, tada se formiraju iste varijante kao i ranije.

Može da nastupi slučaj da opterećenje od objekta ne dovodi tlo u stanje potpunog zasićenja vodom, tada treba da se uzorci zbijaju pod opterećenjem koje se predviđa za objekat, ne prevodeći ih u zasićeno stanje.

Za ocenu čvrstoće smicanja koherentno-nekoherentne jalovine naročito se postavlja pitanje uticaja i učešća krupnijeg materijala na njegovu veličinu. U takvim slučajevima vrše se dve vrste ispitivanja u laboratoriji.

Prvo; ispituje se samo ispuna.

Dруго; ispitivanje ne aparatom direktnog smicanja (površine preseka $A=1000 \text{ cm}^2$ i više) nije savršeno, jer se često dobijaju rezultati koji su uslovljeni zaklinjanjem krupnijih komada u smičućoj ravni.

Za krupne komade tla sa glinovitom ispunom, koji sadrže manje od 30% krupnih frakcija, parametri čvrstoće smicanja određuju se na osnovu podataka o ispitivanju ispune.

Kada je sadržaj krupno-komadnih frakcija veći od 30%, tada se elementi unutrašnjeg otpora (ugao unutrašnjeg trenja ϕ i kohezije c) određuju prema sledećem izrazu.

$$\varphi = \varphi_i + \frac{\varphi_k - \varphi_i}{70} (N - 30) \quad (7)$$

$$c = c_i \frac{100 - N}{70} \quad (8)$$

gde su:

φ_i , c_i - ugao unutrašnjeg trenja i kohezije glinovite ispune

φ_k - ugao unutrašnjeg trenja krupno-komadastog materijala i određuje se po Lundgrenovoj formuli ili iz tablica

N - sadržaj krupnih komada u materijalu (%)

Vreme izvođenja opita, režim opterećenja i trajanje naponskog stanja imaju prvenstveno uticaj kod koherenčnih materijala. Tako na primer, najmanja čvrstoća uzorka odgovara vremenu ispitivanja do 2-3 sata. Sa povećanjem trajanja opita, čvrstoća uzorka ostaje nepromenjena, ili se za neke vrste materijala povećava.

Preporučuje se dobijanje najmanje čvrstoće materijala, koje su po veličini bliske granici dugotrajne čvrstoće. U tom slučaju ispitivanja se sprovode po sporom šemi smicanja.

Za nekoherentne materijale, konsolidovanje se odvija brzo. Sa povećanjem zbijenosti, raste ugao unutrašnjeg trenja. Brzina smicanja se odražava na promenu ugla unutrašnjeg trenja pri smicanju rastresitih i zbijenih nekoherentnih materijala. Tako se pri sporom smicanju i najmanjem opterećenju od 0 do σ , uglovi unutrašnjeg trenja iskazuju manji, nego pri brzom izvođenju opita.

SPECIJALNI POSTUPAK ISPITIVANJA ČVRSTOĆE SMICANJA ZA POTREBE DEMENZIONISANJA ODLAGALIŠTA

Autor je u svojoj praksi izvršio veliki broj eksperimenata na materijalima odlagališta i njihovih podloga.

Praktična istraživanja na postojećim odlagalištima ukazala su da je neophodno utvrđivanje čvrstoće smicanja jalovine u zavisnosti od vlažnosti, zbijenosti, opterećenja i vremena (jednačine 3-6 u članku).

Standardna triaksijalna ispitivanja, nisu dala pravi odgovor o realnim vrednostima elemenata otpora jalovine, pa je zbog toga primenjena metoda Krey-Tiedemanna i Hvorsleva. Druga metoda omogućava da se utvrdi zavisnost čvrstoće smicanja od poroznosti (što je neobično važno baš za odlagališni materijal).

Čvrstoća smicanja po prvoj metodi data je sledećim obrascem:

$$\tau = \sigma_v \cdot \operatorname{tg}\varphi_c + \sigma_n \operatorname{tg}\varphi \quad (9)$$

gde $\operatorname{tg}\varphi_c$ daje zavisnost kohezije od prethodnog opterećenja, a kako je Tiedemann predpostavio da kod rasterećenja ne postoji skoro nikakvi naponi porne vode, tj da je $\sigma_n = \sigma^*$, i onda je φ stvarni ugao trenja.

Hvorslev je ispitivanjima potvrđio jednačinu Terzagija ($\tau = \sigma_n \operatorname{tg}\varphi_w + c_w$), gde se stvarna kohezija c_w dobija kao funkcija vlažnosti i "ekvivalentnog pritiska zbijanja" σ_e , pri čemu je $c_w = \kappa \cdot \sigma_e = f(w)$ i tako je dobio:

$$\tau = \sigma^* \operatorname{tg}\varphi_w + \kappa \cdot \sigma_e \quad (10)$$

gde je κ konstanta za određeno tlo, te je moguće dobiti jednačinu bez dimenzije koja ima oblik:

$$\frac{\tau}{\sigma_e} = \frac{\sigma^*}{\sigma_e} \cdot \operatorname{tg}\varphi_w + \kappa \quad (11)$$

Razlike između ugla trenja po jednačini (9) i stvarnog φ_w prema [1] nisu velike, pa se umesto $\sigma_v \cdot \operatorname{tg}\varphi_c$ prema jednačini (9) približno može napisati c_w prema Terzagijevoj jednačini $\kappa \sigma_e$ prema jednačini (10), pri čemu je κ po Hvorslevu približno jednak $\operatorname{tg}\varphi_c$ po Tiedermannu.

Suština Krey-Tiedmanovog postupka (koji je primjenjen za potrebe ispitivanja jalovine sa odlagališta primenom smicanja i triaksijalnog ispitivanja) jeste da se primene tri serije ispitivanja. Prva serija uzoraka konsolidovana je normalno sa $\sigma = 100; 200$ i 400 kN/m^2 i smicanja; druga serija konsolidovana je sa $\sigma = 400 \text{ kN/m}^2$, rasterećena na $\sigma = 100$ i 200 kN/m^2 , a treća serija konsolidovana je sa $\sigma = 400$ i 800 kN/m^2 , a rasterećena do $\sigma = 100 \text{ kN/m}^2$, i ponovo opterećena sa $\sigma = 100; 200$ i 400 kN/m^2 pa smicanja.

Rezultati ispitivanja pokazani su u tablici 1 za neke značajne vrste jalovine.

Upoređujući čvrstoću smicanja u oba postupka, može se konstatovati da su rezultati koji se odnose na ugao unutrašnjeg trenja skoro identični, dok se u pogledu kohezije dobijaju nešto veće vrednosti, po postupku Hvorsleva.

Uvažavajući nedostatke opita direktnog smicanja za utvrđivanje stvarnih parametara smicanja po postupku Hvorsleva, vršena su i triaksijalna ispitivanja. Vrednost parametra čvrstoće preko tangenta Mohrovih krugova iz $\sigma_3 \leq \sigma_{3e}$ za pontsku glinu daju se u tablici 2.

Dobijene su vrednosti ugla trenja $\varphi = 20.96^\circ$ i kohezije 35 kN/m^2 , za sredinu opitnu vlažnost $w = 33\%$.

Ako se opitni rezultati iskažu u efektivnim naponima, dobija se, kod konstatne vrednosti, stvarni ugao

Jalovina	Vlažnost %		Zbijenost γ_d g/cm ³		ej	σ_e	σ_v	κ Hvor- slav	φ_c (o)	Čvrstoća smicanja τ (kN/m ²)	
	Ugra- dena	Posle opita	Ugra- dena	Posle opita		KN/m ²				Krey-Tiedemann	Hvorslav
Les-Kostolac	45.4	26.89	1.20	1.371	0.660	650.0	400.0	0.045	3.58	$\tau=25+0.230\sigma$	$\tau=29.2+0.300\sigma$
Kvartarna glima - Kolubara	47.70	29.65	1.17	1.330	0.620	728.0	400.0	0.050	5.43	$\tau=38+0.276\sigma$	$\tau=36.4+0.28\sigma$
Pontska glina - Kolubara	67.10	31.60	0.94	1.249	1.07	550.0	400.0	0.075	1.99	$\tau=20.4+0.396\sigma$	$\tau=41.25+0.375\sigma$
Siva glina - Kosovo	56.30	40.25	1.08	1.319	0.94	680.0	800.0	0.142	6.84	$\tau=96+0.281\sigma$	$\tau=97+0.293\sigma$

Tablica 1. Rezultati utvrđivanja stavnih parametara smicanja po postupku Krey-Tiedemann i Hvorslev za više vrsta jalovine

$\frac{\sigma_e}{\sigma_3}$	$(\sigma_1 - \sigma_3)$	u	$\sigma'3$	w	$\frac{\varphi}{\varphi_w}$ (°)	$\frac{c}{c_w}$ kN/m ²	φ_c	$\tau = \sigma_{ntg}\varphi_c + \sigma_{ntg}\varphi$ kN/m ²	
400 100	200	5.0	95.0	32.50	$\frac{20.96}{23.51}$	$\frac{34.70}{29.00}$	4.96	$\tau = 34.7 + 0.383\sigma_n$ za $\sigma = 488$ kN/m ²	
400 200	303	15.0	185	33.80					
400 400	492	58.0	34.2	33.60					
400 800	492	27.0	530	32.30					

Tablica 2. Određivanje stavnih vrednosti parametara smicanja iz CU opita za kriterijum $(\sigma_1 - \sigma_3)_{max}$ po Krey-Tiedemannu

trenja $\varphi_w = 23.51^\circ$ i kohezija $c_w = 29$ kN/m². U slučaju kada je $\sigma_3 \geq \sigma_{3e}$, tangenta je horizontalna.

Prema Krey-Tiedemannu dobijaju se za $\sigma_v = 400$ kN/m², prema definiciji $\varphi_c = 4,96$ uvek veće vrednosti φ_w od φ zato što se pri opitu sa $\sigma_3 < \sigma_{3e}$ pojavljuju male vrednosti pornog pritiska. Opiti sa $\sigma_3 > \sigma_{3e}$ daju visoki pritisak porne vode i utiču da se Mohrovi krugovi pomeraju više u levo. Tako se tangenta pomera suprotno kazaljci na satu, pri čemu $\varphi_w > \varphi$, a $c_w < c$. Razlike u apsolutnim vrednostima između parametara nisu velike. Time se potvrdilo da je, za određivanje stavnih parametara smicanja, Krey-Tiedemannova metoda zadovoljavajuća, a za ispitivanje materijala koji se odlaže (jalovinu), veoma prihvatljiva.

Autor je želeo ovim člankom da podstakne istraživače na razmatranje čitavog niza problema koji se javljaju kod koherentno-nekoherentne razdrobljene jalovine u odlagalištu. Suština ovakvih istraživanja je u tome, što najveći deo naših laboratorijskih mehanika tla primenjuje standardne postupke utvrđivanja čvrstoće smicanja jalovine (kao za građevinske objekte), kao

kada se ispituje neporemećeno tlo ili materijal zbijen po Proktorovom opitu za brane i nasipe.

pored navedene problematike, postoji još niz problema kod utvrđivanja čvrstoće smicanja otkopane i odložene jalovine, koji u ovom radu nisu obrađeni. To su problemi utvrđivanja čvrstoće mešavine koherentno razdobljene jalovine, za koju se moraju primeniti drugačiji postupci ispitivanja, a koji su detaljno obrađeni u literaturi. [6]

SUMMARY

METHODOLOGIES SUITABLE FOR THE DETERMINATION OF THE MECHANICAL PROPERTIES OF DISPOSED MATERIJALS

The determination of the shearing strength characteristic for disposed materials and for the foundation of disposal sites is decisive when suitable research methodology is to be chosen. This, chosen methodology should enable the determination of the elements of internal resistance, also the internal angle of friction

and cohesion. Certain dependencies were noticed and analysed, namely the determination of the resistance and shearing forces acting in disposed materials depend on density compaction level, moisture content and load, valid for actual technical and technological conditions imposed by the system of disposal.

This paper presents the methodology for the determination of the shearing strength valid for disposed materials and it shows the results of comparative researches performed according to Krey-Tiedemann and Hvorslev methods which are suitable for certain materials found on disposal sites belonging to Yugoslav coal busins (Kostilac, Kolubara and Kosovo).

This confirms Author's basic concept that in conditions of waste material disposal, standard research methods valid in civil engineering, can not be applied, but adequate methods adapted to these specific conditions and problems should be used.

LITERATURA

1. Horn A., 1964: Die Scherfestigkeit von Schluff (Diss) Westdentscher verlog, Köln und Oglund.
2. Hvorslev J., 1937: Über die Festigkeitseigenschaften gestarter bindiger Boden, Ing. Vidensk Skr. A. Nr 45. Danmarks Natur-Vidensk, Samfund, Kopenhagen.
3. Krey H., 1927: Rutschgefährliche und fliessende Bodenarten Baut 5-S. 485.
4. Obradović R., 1966: Prilog proučavanju problema odložene jalovine na površinskim otkopima, Rudarski glasnik 1, Beograd
5. Obradović R., 1970; 1971: Neki problemi mehanike tla na površinskim otkopima i odlagališta (I deo), Rudarski glasnik 4 (II deo), Rudarski glasnik 1, Beograd
6. Obradović R., 1978: Uticaj promene fizičko mehaničkih karakteristika jalovine usled odlaganja na stabilnost odlagališta površinskih otkopa (Diss), Rudarski geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
7. Obradović R., 1989: Utvrđivanje zakonitosti konsolidacije razdobljene koherentno-nekoherentne jalovine u odlagalištu. DIT-Zbornik radova sa savetovanja o unapređenju geotehničkih istraživanja, Beograd, maj 1989., str. 199-205.
8. Obradović R., Radojević J., Milanović Z.: Prilog proučavanju promena svojstava koherehtno-nekoherentnog materijala transportovanog traka-

stim transporterima. II međunarodno savetovanje o transportu-Beograd, Novembar 08-09. 1993., str. 106-110.

9. Peynircioglu, 1939: Über die Scherfestigkeit bindiger Bodenarten, Veroff D. Inst. der Degebo, S. 28 Berlin
10. Skempton W., Bishop W., 1954: Soils In: Reinen - Building Materials, Their Elasticity and Inelasticity, Nort-holland Publishing Comp. Kop. X. S. 415, Amsterdam.

AUTOR

Dr Radmilo Obradović, dipl. ing. geol.
Rudarski institut – Beograd

U radu je prikazano određivanje konstruktivnih parametara radnog točka u funkciji prečnika radnog točka i određivanje dinamičkih parametara odreska. Takođe je prezentiran i način za određivanje snaga pogona radnog točka. Na kraju rada dat je brojni primer u kome su primenjene prethodno navedene jednačine za zadate parametre rotornog bagera: nominalnu zapreminu kašike, broj kašika, specifični otpor na kopanje po jedinici dužne ivice noža za rezanje, faktor (koeficijent) rastresitosti, način i mesto rada. Iz navedenih izraza može se izvesti jasan zaključak o uticaju prečnika radnog točka na njegove konstruktivne parametre i snagu pogona.

UVOD

Rotorni bageri su namenjeni za pretovar rastresitog materijala i za iskop zemljišta do III kategorije. Mogu se ekonomično koristiti za kopanje ili utovar materijala tamo gde se za duži vremenski period moraju pokretati velike količine materijala. Zbog toga su posebno pogodni za upotrebu na površinskim kopovima, u radu na deponijama i kod velikih građevinskih poduhvata. Rotorni bageri sa kapacitetom do 20000 m³/h omogućili su ekonomski opravdanu eksploataciju malokaloričnog uglja, koji se u ogromnim količinama troši u savremenim termoelektranama kod nas i u svetu.

Rotorni bageri su složeni mašinski sistemi koji se sastoje od niza komponenata (sklopova, podsklopova, elemenata). Najvažnija komponenta rotornog bagera, koja presudno utiče na sve ostale delove jeste radni točak kao element za kopanje. On je osnovni element kapaciteta rotornog bagera i tehnologije rada. Radni točak iskopava materijal iz čone i bočne kosine bloka i od njega zavisi kapacitet bagera. On može svoj zadatak ispravno ispuniti samo ako je pravilno uskladen sa uslovima radne sredine na površinskom kopu na kome će raditi.

Po obimu radnog točka raspoređene su kašike sa reznim elementima. Prilikom obrtanja točka oko sopstvene ose i kružnim kretanjem strele točka bočno u okviru bloka, radni točak iz bloka odseca kružni isečak. Ako se, radni točak pomeri unapred u horizontalnom pravcu za veličinu t , dobija se odsečak u vidu srpa, koji je sa dva kruga ograničen na veličinu t (slika 1).

Da bi radni točak u jednom nivou mogao otkopati više rezova, strela radnog točka, posle završetka jednog reza, mora da se pomeri duž svoje podužne ose napred za veličinu t . Zavisno od toga na koji se način se postiže ovo pomeranje razlikujemo rotorne bagere sa:

- teleskopirajućom streлом radnog točka,
- fiksnom strelem radnog točka.

KONSTRUKTIVNI PARAMETRI I SNAGA POGONA RADNOG TOČKA ROTORNIH BAGERA

Aleksandar Jočić

gde su: V_p [m³] - zapremina punjenja kašike;

$(s/b)_{opt}$ - optimalni koeficijent odreska;

h [m] - visina odreska;

f - faktor (koeficijent) rastresitosti;

Ako je za kriterijum optimalnosti uzet najmanji otpor kopanju, odnosno minimum potrošnje specifične energije pri procesu bagerovanja, optimalni koeficijent odreska dat je jednačinom:

$$\left(\frac{s}{b}\right)_{opt} = \frac{\beta}{\frac{3\beta}{\pi} - 0.425} \quad (7)$$

gde su:

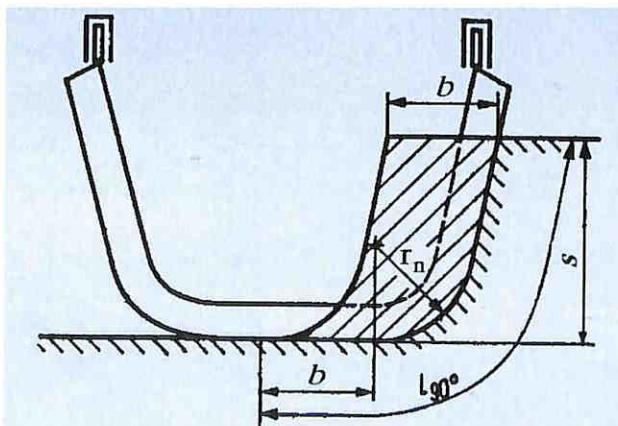
s [m] - radikalna debljina odreska (slika 2);

β [rad] - ugao odreska.

Na osnovu optimalnog koeficijenta odreska može se dobiti debljina odreska pomoću izraza:

$$t = b \cdot \left(\frac{s}{b}\right)_{opt} \quad (8)$$

gde je b [m] - širina odreska.



Slika 2.

Da bi se izračunao srednji ukupni otpor materijala na kopanje na nožu kašike, odnosno sila rezanja po jedinici dužine reza, mora se odrediti srednja suma dužine rezanja tj. suma dužina sečiva kašika koje se nalaze u rezu:

$$L_{n,min} = \frac{z}{2 \cdot \pi} \left(\frac{3 \cdot \beta}{\pi} - 0.425 \right) (2 \cdot t + 0.7 \cdot r_n) \quad (9)$$

gde su: z - broj kašika;

β [rad] - ugao odreska;

t [m] - debljina odreska;

r_n [m] - radijus zaobljenja noža kašike (vidi sliku 2).

Srednji ukupni otpor materijala na kopanje na nožu kašike dat je izrazom:

$$F_L = k_L \cdot L_n \quad (10)$$

gde je k_L [kN/m] - specifični otpor na kopanje po jedinici dužine ivice noža za rezanje, tj. otpor na rezanje po jedinici dužine rezne ivice.

Brzina kružnog kretanja strele radnog točka određuje se iz obrasca:

$$\begin{aligned} \frac{v_{st}}{v_r} &= \frac{b \cdot z}{D \cdot \pi} \\ v_{st} &= \frac{v_r \cdot b \cdot z}{D \cdot \pi} \quad [\text{m/s}] \end{aligned} \quad (11)$$

SNAGA POGONA RADNOG TOČKA

Snaga pogona radnog točka sastoji se od snage kopanja, snage dizanja, snage trenja na skliznici i snage za savladavanje trenja rukavca u osovini smeštaja radnog točka. Za dimenzionisanje pogona dovoljno je da se uzmu u obzir izračunate snage kopanja i dizanja, pošto druge dve snage isporučuju mali udio koji se uzima u obzir putem jednog dodatka.

Snaga kopanja određuje se na osnovu ukupnog otpora materijala na kopanje na nožu kašike i brzine rezanja:

$$P_{kop} = \frac{F_L \cdot v_r}{1.02} \quad [\text{kW}] \quad (12)$$

gde su: F_L [kN] - srednji ukupni otpor materijala na kopanje na nožu kašike;

v_r [m/s] - brzina rezanja.

Za izračunavanje snage dizanja mora se odrediti visina dizanja svedena na težište jednog punjenja kašika. Ova visina zavisi od procesa pražnjenja i raste sa uglom vodeće skliznice pri najvišem položaju strele radnog točka, koji je kod većine rotornih bagera jednak 60°. Za takav slučaj visina dizanja određena je izrazom:

$$h_d = (0.55 \div 0.65) \cdot D \quad [\text{m}] \quad (13)$$

gde je D [m] - prečnik radnog točka.

Teorijska snaga dizanja za stepen korisnosti reduktora $\eta=1$ iznosi:

$$P_d = \frac{Q_{rm} \cdot \gamma_{rm} \cdot h_d}{102 \cdot 3.6} \quad [kW] \quad (14)$$

gde su: Q_{rm} [m^3_{rm}/h] - teoretska količina zapreminskog protoka rastresitog materijala;

γ_{rm} [t/m^3_{rm}] - nasipna težina, odnosno sopstvena težina bagerovanog rastresite mase:

$$\gamma_{rm} = \frac{\gamma_{cm}}{f} \quad [2] \quad (15)$$

γ_{cm} [t/m^3_{cm}] - sopstvena težina čvste mase;

f - faktor (koeficijent) rastresitosti.

Ako je stepen korisnosti reduktora za pogon radnog točka sa kotrlajnim ležajima $\eta=0.9$, neophodna (potrebna) snaga motora pogona radnog točka je:

$$P = \frac{P_{kop} + P_d}{\eta} \quad [kW] \quad (16)$$

BROJNI PRIMER

Za sledeće podatke potrebno je proračunati konstruktivne parametre i snagu pogona radnog točka rotornog bagera:

- bager će raditi u visinskom i dubinskom rezu;
- mesto rada: normalni uslovi, materijal nije lepljiv;
- nominalna zapremina kašike: $V_k=0.3 \text{ m}^3$;
- broj kašika: $z=12$;
- specifični otpor na kopanje izražen po jedinici dužine ivice noža za rezanje: $k_l=50 \text{ kN/m}$;
- faktor (koeficijent) rastresitosti: $f=1.35$.

Prečnik radnog točka određuje se na osnovu jednačine (1):

$$D = 1.23 \cdot z \cdot \sqrt[3]{V_k} = 1.23 \cdot 12 \cdot \sqrt[3]{0.3} = 9.88 \text{ m}$$

Na osnovu proračunatog prečnika visina adreska iznosi: $h=0.5 \cdot D=R=4.94 \text{ m}$.

Granična vrednost brzine izračunava se na osnovu izraza (2):

$$v_{r,kr} = 2.216 \sqrt{D} = 2.216 \sqrt{9.88} = 6.96 \text{ m/s}$$

Stvarna brzina rezanja mora biti manja od granične, pa se usvaja da iznosi: $v_r=2.6 \text{ m/s}$.

Broj istresaja definisan je izrazom (3):

$$n = \frac{v_r \cdot z}{D \cdot \pi} = \frac{2.6 \cdot 12}{9.88 \cdot \pi} = 1.005 \text{ s}^{-1} = 60.3 \text{ min}^{-1}$$

Usvaja se $n = 60 \text{ min}^{-1}$

Za usvojeni broj istresaja konačna vrednost brzine rezanja iznosi:

$$v_r = \frac{n \cdot D \cdot \pi}{z} = \frac{1 \cdot 9.88 \cdot \pi}{12} = 2.58 \text{ m/s}$$

Teoretska količina zapreminskog protoka rastresite mase proračunava se na osnovu izraza (4):

$$Q_{rm} = 3600 \cdot V_p \cdot n = 3600 \cdot 1.5 \cdot V_k \cdot n = 3600 \cdot 1.5 \cdot 0.3 \cdot 1 = 1620 \text{ m}^3_{rm}/h,$$

a u čvrstoj masi na osnovu jednačine (5):

$$Q_{cm} = \frac{Q_{rm}}{f} = \frac{1620}{1.35} = 1200 \text{ m}^3_{cm}/h$$

Optimalni koeficijent adreska definisan je izrazom (7), a za normalan slučaj ($h=R$, $\beta=\pi/2$) iznosi: $(s/b)_{opt}=1.46$.

Širina adreska definisana je izrazom (6):

$$b = \sqrt{\left(\frac{s}{b}\right)_{opt} \cdot h \cdot f} = \sqrt{\frac{1.5 \cdot 0.3}{1.46 \cdot 4.94 \cdot 1.35}} = 0.215 \text{ m}$$

Na osnovu izraza (8) debljina adreska iznosi:

$$t = b \cdot \left(\frac{s}{b}\right)_{opt} = 0.215 \cdot 1.46 = 0.314 \text{ m}$$

Da bi se odredila srednja suma dužina sečiva kašika koje se nalaze u rezu potrebno je usvojiti radijus zaobljenja noža vedrice i ugao reza. Usvaja se: $r_n=0.3 \text{ m}$ i $\beta=\pi/2$. Na osnovu jednačine (9) sada sledi:

$$L_{n,min} = \frac{z}{2 \cdot \pi} \left(\frac{3 \cdot \beta}{\pi} - 0.425 \right) \cdot (2 \cdot t + 0.7 \cdot r_n) = \\ = \frac{12}{2 \cdot \pi} \left(\frac{3 \cdot \pi}{2 \cdot \pi} - 0.425 \right) \cdot (2 \cdot 0.314 + 0.7 \cdot 0.3) = 1.72 \text{ m}$$

Prema izrazu (10) srednji ukupni otpor materijala na kopanje na nožu kašike glasi:

$$F_L = k_L \cdot L_{nmin} = 50 \cdot 1.72 = 86 \text{ kN.}$$

Brzina kružnog kretanja strele radnog točka određuje se na osnovu izraza (11):

$$v_{st} = \frac{v_r \cdot b \cdot z}{D \cdot \pi} = \frac{2.58 \cdot 0.215 \cdot 12}{9.88 \cdot \pi} = 0.21 \text{ m/s}$$

Snaga pogona radnog točka definisana je izrazom (12):

$$P_{kop} = \frac{F_L \cdot v_r}{1.02} = \frac{86 \cdot 2.58}{1.02} = 218 \text{ kW}$$

Kako prečnik radnog točka iznosi $D=9.88 \text{ m}$, visina dizanja na osnovu jednačine (13) glasi:

$$h_d = 0.65 \cdot 9.88 = 6.422 \text{ m.}$$

Ako je sopstvena težina čvrste mase $\gamma_{cm} = 2.19 \text{ t/m}^3$, onda je sopstvena težina bagerovane rastresite mase na osnovu izraza (15):

$$\gamma_{rm} = \frac{\gamma_{cm}}{f} = \frac{2.19}{1.35} = 1.62 \text{ t/m}^3$$

Zamenom dobijenih vrednosti za γ_{rm} i h_d u izraz (14) dobija se snaga dizanja:

$$P_d = \frac{Q_{rm} \cdot \gamma_{rm} \cdot h_d}{102 \cdot 3.6} = \frac{1620 \cdot 1.62 \cdot 6.422}{102 \cdot 3.6} = 46 \text{ kW}$$

Kada zamenimo proračunate vrednosti snage kopanja i snage dizanja u jednačinu (16) dobićemo potrebnu snagu motora pogona radnog točka:

$$P = \frac{P_{kop} + P_d}{\eta} = \frac{218 + 46}{0.9} = 294 \text{ kW}$$

ZAKLJUČAK

Pravilno izabrani prečnik radnog točka treba da obezbedi sigurno i potpuno pražnjenje kašika, najmanje gabaritne dimenzije i težinu radnog točka sa strelom pri zadatim tehnološkim parametrima radnog bloka, zadati teoretski kapacitet rotornog bagera, komade materijala zahtevanih maksimalnih dimenzija, i otkopavanje bloka po projektovanoj tehnologiji.

Promena prečnika radnog točka rotornog bagera utiče kako na geometrijske karakteristike, tako i na

težinu samog bagera. Dimenzije radnog točka određuju sve osnovne tehničke pokazatelje rotornog bagera.

Pri manjem prečniku radnog točka bolje se obezbeđuju teoretski kapacitet, proces pražnjenja kašika i zahtev za minimalnom potrošnjom energije. Sa druge strane, na povećanje prečnika radnog točka utiče povećanje tehničkog kapaciteta u bloku, stabilizacija opterećenja u procesu rada, razmeštaj prijemnih uređaja, kao i dispozicija sklopa radnog točka. Povećanje prečnika radnog točka utiče na porast momenta prevrtanja, a time i na povećanje mase rotornog bagera u celini.

Takođe je potrebno ukazati i na sledeću činjenicu koja je prisutna na našim površinskim kopovima, a tiče se dimenzija radnog točka. Jasno je da se otpori kopaju razlikuju zavisno od toga da li se otkopava otkrivka ili ugalj. Na našim površinskim kopovima teži se da jedan rotorni bager, po potrebi, kopa i otkrivku i ugalj, a da se pri tome ne vrše nikakve izmene radnog točka ili na radnom točku. Zbog otkopavanja materijala različitog sastava jednim istim rotornim bagerom potrebno je razmisliti o mogućnosti promene dimenzija radnog točka jer troškovi njegove izrade nisu veliki u poređenju sa gubicima koji se dobijaju njegovom ne adekvatnom primenom. Pored toga, potrebno je zameniti i kašike u odnosu na to koji se materijal otkopava.

Želja autora je da sa ovim radom pokrene jednu temu o kojoj se mora povesti više računa na površinskim kopovima s obzirom na njen značaj.

SUMMARY

CONSTRUCTIVE PARAMETERS AND DRIVE
POWER OF THE OPERATING WHEEL
ON BUCKET WHEEL EXCAVATORS

This article aims to present the method for the determination of the constructive parameters of bucket wheels, in dependence of wheel diameter and, at the same time, the determination of dynamic slice parameters. Along with this, the author elaborates the method applied to establish the drive power of the bucket wheel. Finally, a numerical example is displayed illustrating the application of formulae previously cited for parameters given for each particular bucket wheel excavator: nominal bucket volume, number of buckets, specific cutting resistance according to the lenght of the cutting knife edge, ratio (coefficient) of the broken to solid, method and place of operation.

In line with the above presented formulae one may strongly infer that the diameter of the busket wheel has decisive effect on its constructive parameters and its drive power.

LITERATURA

1. Durst W., Vogt, W.1988: *Bucket Wheel Excavator*, Trans Tech Publications, Clausthal-Zellerfeld.
2. Makar M.1990: *Teorija bagerovanja rotornim bagerima*, Rudarski institut - Beograd, Beograd.
3. Pajer G., Pfeifer M., Kurth, F.1971: *Tagebau-großgerte und Universalbagger*, VEB Verlag Technik, Berlin.

AUTOR

Aleksandar Jočić, dipl. ing. maš.
Rudarski institut – Beograd

U radu se daje prikaz postrojenja za proizvodnju pelet-briketa, koje kao osnovnu sirovину koristi sušeni prah "Kolubara" -5+0 mm. Pored osnovnih karakteristika sirovine i kvaliteta gotovih pelet-briketa dobijenih poluindustrijskim ispitivanjima, ovaj rad iznosi princip tehnologije okrupnjavanja "California Pellet Mill" kao i primjenju tehnološku šemu.

Pelet-briketi predstavljaju potpuno nov proizvod na našem tržištu koji će kao kvalitetno gorivo zadovoljiti u potpunosti zahteve potrošača i omogućiti JP EPS DP "Kolubara" plasman assortmana praha, primenom jednostavne i uspešne tehnologije.

UVOD

Postrojenje za proizvodnju pelet briketa namenjeno je da sirovinu, "sušeni prah -5+0 mm", nastalu kao najmanje vredan assortiman u procesu sušenja pranog lignita, prevede u novi proizvod koji bi postigao veću cenu na tržištu i čiji bi plasman bio znatno olakšan [1].

Dosadašnji plasman praha -5+0 mm isključivo je bio u TE "Kolubara" u Velikim Crnjima uz velike teškoće pri istovaru, deponovanju i oduzimanju praha sa deponija, kako u tehničko-tehnološkom tako i u ekološkom smislu.

Postrojenje za izradu pelet briketa ima veliki značaj i kada se razmatra postojeća ekološka situacija. Valorizacijom sušenog praha -5+0 mm, ne dobija se samo vredan tržišni proizvod već se i ekološki ambijent tehnološkog procesa prerade uglja u DP "Kolubara-Prerada" u Vreocima podiže na viši nivo.

OSOBINE SUŠENOG PRAHA – 5+0 mm

U procesu sušenja pranog uglja krupnoće -150+30 mm, dobija se oko 12% sušenog praha -5+0 mm, što će posle ugradnje pete grupe autoklava i povećanja kapaciteta na 1.000.000 t/god. sušenog uglja, iznositi oko 120.000 t godišnje. Osobine ovog assortmana date su u tablici 1, kroz tehničku, elementarnu analizu i analizu pepela.

Iz prikazane tablice se vidi da ugljeni prah sa 28% vlage sadrži 14.34% pepela (19.97% b. v.) i ima donju toplotnu vrednost od oko 14900 kJ/kg. Sadržaj ukupnog sumpora je oko 0.99% a sagorivog svega 0.48%. Ovi rezultati takođe ukazuju na to da bi se okrupnjavanjem ove sirove dobilo kvalitetno čvrsto gorivo.

Na polju okrupnjavanja sušenog lignita "Kolubara" vršena su dugogodišnja, opsežna ispitivanja bez adekvatnih rezultata, obzirom da lignit, tokom Flisessnerovog procesa sušenja, gubi vezivajuća svojstva koja poseduje u rovnom stanju. Prvi uspešni rezultati dobijeni

UDK: 662.66.06:662.87

Stručni rad

PRIKAZ POSTROJENJA ZA IZRADU PELET-BRIKETA IZ PRAHA SUŠENOG LIGNITA "KOLUBARA" – 5+0 MM

Stevan Đokić
Mihajlo Canić
Ivana Simović
Nebojša Kostović

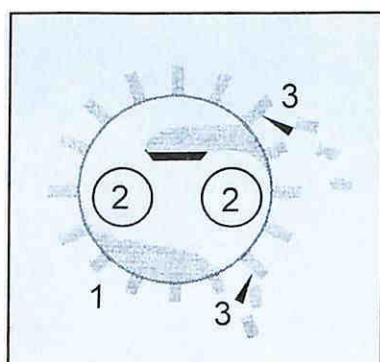
Komponenta	sa vlagom	bez vlage	bez vlage i pepela								
TEHNIČKA ANALIZA											
vlaga, %	28.20										
pepeo, %	14.34	19.97									
sumpor ukupni, %	0.99	1.38									
sumpor u pepelu, %	0.51	0.71									
sumpor sagoriv, %	0.48	0.67	0.84								
kokš, %	38.21	53.22	41.55								
C - fiks, %	23.87	33.25	41.55								
isparljivo, %	33.59	46.78	58.45								
sagorivo, %	57.46	80.03	100.00								
GTV, kJ/kg	16179	22533	28156								
DTV, kJ/kg	14889	21641	27041								
ELEMENTRARNA ANALIZA											
ugljenik ukupni, %	39.86	55.52	69.37								
vodonik, %	3.11	4.33	5.41								
sumpor sagoriv, %	0.48	0.67	0.84								
azot + kiseonik, %	14.01	19.51	24.38								
ANALIZA PEPELA											
Komp.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Reak.
%	50.0	4.25	17.9	10.3	4.86	8.61	0.14	1.44	0.59	2.02	Jako kis.

Tablica 1. Tehnička i elementarna analiza sušenog praha – 5+0 mm

su primenom "pellet mill" uređaja za okrupnjavanje, proizvođača "California Pellet Mill" (CPM) [2].

OPIS CPM TEHNOLOGIJE OKRUPNJAVA

Princip okrupnjavanja na kome je zasnovan rad uređaja "pellet mill", odnosno pelet-briket prese, je proces ekstrudovanja - komprimovanja i istiskivanja [3]. Pelet-briket presa, prikazana na slici 1, je mašina u kojoj se kompresijom i uz dodatak vezivnog sredstva sitni materijal prevodi u čvrste, uniformno oblikovane granule, koje zovemo "pelet briketi".



Slika 1.
Princip rada pelet-briket prese
1-perforirani
bubanj
2-rotirajući valjci
3-noževi

Osnovnu jedinicu čini perforirani bubanj (1) sa rotirajućim valjcima (2), u koji se kontinualno dozira dobro izmešana smeša sitnog uglja i vezivnog sredstva. Rotacija perforiranog bubnja (1), koga pokreće elektromotor, prenosi se silom trenja na par rotirajućih valjaka (2). Materijal koji dode u zonu kompresije, između rotirajućih valjaka i perforiranog bubnja, silom biva istisnut kroz perforacije na bubnju. Noževi (3) vr-

še odsecanje pelet-briketa u komade čija je dužina 2 - 2.5 puta veća od prečnika pelet-briketa a zatim se dobiveni pelet-briketi hlade, u cilju očišćavanja, nakon čega se mogu transportovati i skladištiti.

Tehnologijom predviđenom za rad postrojenja za proizvodnju pelet-briketa "Kolubara", dobijaće se pelet-briketi oblika nepravilnog cilindra prečnika 16, 22 ili 25.4 mm po izboru a prema zahtevima tržišta.

Poliindustrijska ispitivanja dobijanja pelet-briketa zajednički su obavile stručne službe JP "Kolubara - Pre-rada" i zastupnik firme CPM. Dobijeni pelet-briketi su ispitivani u Rudarkom institutu u Beogradu, ne samo u pogledu kvaliteta već i u pogledu fizičko mehaničkih osobina, kako bi se ovaj novi, nestandardni proizvod definisao [4]. U ispitivanjima je korišćeno vezivno sredstvo na bazi polimera pod nazivom "Alcotak", engleske firme Allied Colloids, a potrošnja je iznosila 1-2 kg/t pelet-briketa.

Ispitivanja su sprovedena u skladu sa postojećim standardima za brikete iz mrkih i lignitskih ugljeva a dobijene su sledeće vrednosti za ispitivane parametre:

- otpornost pelet-briketa na pritisak utvrđena je shodno JUS B. H8. 376, po uzdužnoj osi briketa i iznosi:

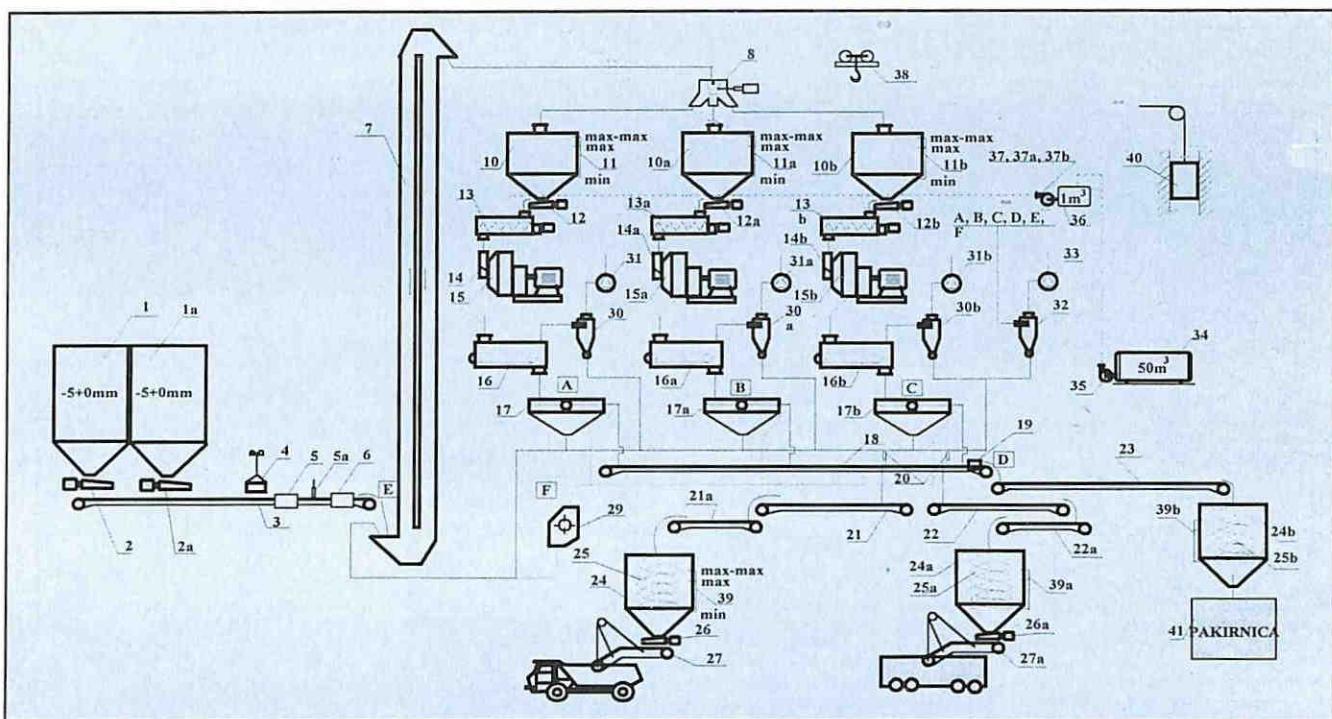
$$x = 4.27 \text{ MP} \text{ i } \sigma = 1.12 \text{ MP}$$

- otpornost pri padu uređena prema JUS B. H8. 379 na situ otvora 5 mm je manja od 5% (stvara se manje od 5% podzrna).

- apsorpcija vode prema JUS B. H8. 380 je oko 5%

- srednja gustina briketa je 1.20 t/m³

- nasipna gustina briketa 0.69 - 0.71 t/m³



Slika 2. Šema tehnološkog procesa postrojenja za izradu pelet-briketa "Kolubara"

Navedene osobine pelet-briketa ukazuju da će to biti proizvod koji će, iako nestandardan, moći sa lakoćom da se plasira industriji i širokoj potrošnji. U toku je izrada standarda koji će pokriti neophodna ispitivanja i minimalni kvalitet za ovakvu vrstu briketa.

OPIS ŠEME TEHNOLOŠKOG PROCESA PROIZVODNJE PELET-BRIKETA

Osnovni projektni uslovi za ovo postrojenje bazirani su na količini od 120.000 t/god osnovne sirovine, odnosno sušenog praha -5+0 mm. Sa 4200 radnih sati godišnje (350 dana godišnje, u tri smene, 4 časa po smeni, efektivno) potrebnii časovni kapacitet ovog pogona je 30 t/h.

Kapacitet briket prese ponudi proizvođača je do 12 t/h za antracit dok se za slučaj kolubarskog praha -5+0 mm, koji ima nasipnu gustinu svega oko 0.47 t/m³, može se očekivati maksimalni kapacitet iste mašine oko 10 t/h.

Maksimalni kapacitet od oko 10 t/h jasno definiše tri proizvodne linije u novom postojenju za proizvodnju pelet-briketa.

Na slici 2. prikazana je šema tehnološkog procesa proizvodnje pelet-briketa.

Postrojenje za izradu pelet-briketa "Kolubara" kao osnovnu sirovinu koristi prah sušenog lignita "Kolubara" krupnoće -5+0 mm čije se skladištenje prema sadašnjoj tehnologiji vrši u dva bunkera (1,1a) kapaciteta 50 t svaki. Da bi se obezbedilo kontrolisano hranjenje briketnice, neophodno je na bunkerima ugraditi vibracione

dodavače (2, 2a) zatvorene izvedbe, koji će hraniti cevastu gumenu transportnu traku (3). Na nesklopljenom delu ovog transporter-a postavljeni su: viseći elektromagnet za uklanjanje zalatalog gvožđa (4), detektor metala (5), skidač metala sa transportne trake (5a) i kontinualni analizator vlage praha (6).

Cevasta gumena transportna traka doprema prah do prihvavnog koša, elevatora gumenom trakom (7) koja ga podiže do trodelne distribucione sipke (8). Usmeravanjem pokretne klapne ove sipke, ugljeni prah se distribuira u bunkere ugljenog praha (10), 10a, 10b).

Postrojenje za izradu pelet-briketa ima tri identične linije, a svaka linija predstavlja posebnu tehnološku celinu čiji rad ne zavisi od rada drugih linija.

Kontrolisano pražnjenje bunkera i hranjenje dvoosovinskih mešača (13, 13a, 13b) vrši se cevnim vibracionim dodavačima (12, 12a, 12b). Sem ugljenog praha, u mešače se ubacuje vezivno sredstvo "Alcotac" i voda za podešavanje optimalne vlažnosti materijala, po potrebi.

Neposredno pre ulaska u prese (15, 15a, 15b), smeša se prelazeći preko skliznica sa magnetnim blokom (14, 14a, 14b), još jednom oslobođa od sitnijih magnetičnih komada koji bi mogli da oštete bubenjeve presa. Povremeno u presama se pojavljuje potreba za dodavanjem manjih količina vode i nju je potrebno obezbediti odgovarajućim cevovodom.

Nakon formiranja u presama pelet-briketi nemaju veliku čvrstinu. Zbog toga se u hladnjacima (16, 16a, 16b) vrši njihovo očvršćavanje. Sa očvrnutim peletima

moguće su operacije koje slede, bez ekscesnog stvaranja sitneži.

Na vibracionih sitima (17, 17a, 17b) otvora prosevne površine ("rima" rešetke) 5 mm vrši se razdvajanje celih peleta od oštećenih. Transportnom trakom (18) na kojoj se vrši prikupljanje kvalitetnih peleta, isti se mogu uputiti u tri različita pravca. Upotrebom jednog od plužnih skidača (20), peleti se transportnim trakama (21, 21a) mogu uputiti u bunker za punjenje kamiona nepakovanim, rinfuz peletima (24). Upotrebom drugog plužnog skidača i transportnih traka (22 i 22a) puni se bunker (24a) za punjenje železničkih vagona nepakovanim peletima i nazad, transportnom trakom (23) peleti se dopremaju u bunker parkirnice (24b). Da bi se stvaranje sitneži svelo na najmanju moguću meru, bunkeri opremljeni sondama za merenje nivoa (39, 39a, 39b) imaju spiralne skliznice (25, 25a, 25b). Iz istog razloga, punjenje železničkih vagona i kamiona "rinfuz" peletima vrši se tračnim dodavačima sa strehom (26, 26a), preko elektromagnetnih vibracionih dodavača (27, 27a).

Prosevi vibracionih sita (17, 17a, 17b) odnosno izloženi pelet-briketi, gravitacijski se transportuju do prihvavnog koša elevatorsa i na taj način vraćaju u proces. Prašina koju prikupe cikloni (30, 30a, 30b, 32) uz pomoć ventilatora (31, 31a, 31b, 33) gravitacijski se odvode u prihvati koš elevatorsa. Ponekad je potrebno i pelet-brikete krupnije od 5 mm vratiti u tehnološki proces, kada iz nekog razloga nemaju potrebnu čvrstinu. Takvi pelet-briketi se gravitacijski odvode u drobilicu sa čekićima (29) koja ih dezintegriše a zatim se gravitacijski dovode u elevator i ponovo vraćaju u proces presovanja. Tečno vezivno sredstvo "Alcotac" dodaje se u dvoosovinske mešače (13, 13a, 13b). Osnovno skladишtenje vezivnog sredstva za višednevni rad pogona vrši se u rezervoaru (34). Doprema reagensa do distribucionog rezervoara (36) zapremine oko 1 m³ vrši se pumpom veziva (35). Dozirnim pumpama veziva (37, 37a, 37b) "Alcotac" se dalje distibuiru u mešače.

Izvlačenje vazduha i prašine iz hladnjaka pelet-briketa (16, 16a, 16b) vrši se ventilatorima (31, 31a, 31b) preko ciklona za otprašivanje (30, 30a, 30b). Merenje količina proizvedenog pelet-briketa obavljaće tračna vaga (19) smeštena na transportnoj traci (18).

ZAKLJUČAK

Svetski trend je primena čiste i bezotpadne tehnologije, koja se na primeru novog postojanja za proizvodnju pelet-briketa jasno sagledava. Pelet-briketi, koji će se dobijati iz sušenog praha "Kolubara" -5+0 mm, u potpunosti valorizuju sirovinu koja trenutno ima vrlo otežan plasman, a zaštitu okoline podižu na znatno viši nivo. Po svom kvalitetu pelet-briketi zadovoljavaju zah-

tevu tržišta, kako u pogledu sadržaja balastnih materija i toplotne vrednosti, tako i u pogledu krupnoće.

Ekonomsko-finansijska analiza i dopunski statistički pokazatelji iskazuju pozitivne ekonomske efekte ovog postrojenja. Isplativost procesa proizvodnje pelet-briketa zasniva se pre svega na niskoj nabavnoj ceni sušenog ugljenog praha, koji će biti isporučivan postojenu po ceni uglja, odnosno GJ, za termoelektrane. Eколоški problemi transporta su minimizirani korišćenjem specijalne cevaste trake. Na kraju, ovaj proces dopušta veoma visoku vlagu ulazne sirovine - praha od oko 28 (30%) tako da se proces ne opterećuje dodatnim sušenjem. Jedino ograničenje vezano za ekonomiku ovog procesa može da bude visoka cena vezivnog sredstva. Naime proces inicijalno predviđa korišćenje skupog uvoznog veziva, koje treba zameniti domaćim jednako efikasnim i jeftinijem vezivom.

SUMMARY

This paper presents a review of the plant for pellet-briquettes production out of dried coal fines "Kolubara" -5+0 mm. Beside main coal properties and pellet-briquet quality, the objective of this paper is to give the basic principles of CPM agglomeration technology as well as the adopted technological scheme.

Pellet-briquette, is a brand-new product on our market which should as a quality fuel, satisfy completely, all consumer demands. in this way, Kolubara mine will maintain the placement of dried fines by applying a simple and successful technology.

LITERATURA

1. Investicioni program postojanja za proizvodnju pelet-briketa kolubarskog lignita u cilju valorizacije sekundarnih proizvoda, Rudarski institut i Kolubara Projekt, 1992.
2. Prospektualna dokumentacija firme California Pellet Mills
3. Pietsch W. B., 1988: Roll Design for Briquetting Compacting Machines, Proceedings of the 11th Briquetting Conference, Hannover.
4. Tarjan G., 1986: Mineral Processing, Volume 2, Akademia Kiado, Budapest.

AUTOR

S. Đokić, dipl. ing.
M. Canić, dipl. ing.
I. Simović, dipl. ing.
N. Kostović, dipl. ing.
Rudarski institut – Beograd

U radu se daju rezultati osnovnih tehnoloških ispitivanja uglja sa eksperimentalnog podvodnog kopa "Kovin" kao i predlog tretiranja ovog uglja. Predloženi tehnološki proces se bazira na specifičnostima odbrane metode podvodnog otkopavanja uglja, kvalitetu uglja kao i zahtevima tržišta i obuhvata odvodnjavanje, klasiranje i čišćenje.

UVOD

Tokom razvoja projekta "Kovin", celokupna pažnja stručnjaka angažovanih na njegovoj realizaciji bila je praktično usmerena ka stvarno veoma složenom problemu podvodnog otkopavanja uglja. Iako će sudbina ovog rudnika zavisiti pre svega od uspeha odbrane metode eksploracije, ne možemo a da ne zapazimo, da je na polju pripreme uglja nedovoljno rađeno, pa je rudnik započeo eksperimentalnu proizvodnju bez ikakvog postojanja za pripremu. Predviđeni koncept deponovanja uglja u kasetama pokazao se do tada porpuno neuspešnim, ne samo zbog toga što se nisu formirale gomile uglja već i zbog potpunog odsustva kontrole kvaliteta otkopanog uglja kao i nerešenog načina oduzimanja uglja iz kaseta.

TEHNOLOŠKA ISPITIVANJA
ROVNOG UGLJA "KOVIN"

NOVA KONCEPCIJA ODVODNJAVANJA I ČIŠĆENJA UGLJA SA PRVOG EKSPERI- MENTALNOG PODVODNOG KOPOA "KOVIN"

Mihajlo Canić
Stevan Đokić
Nebojša Kostović
Ivana Simović

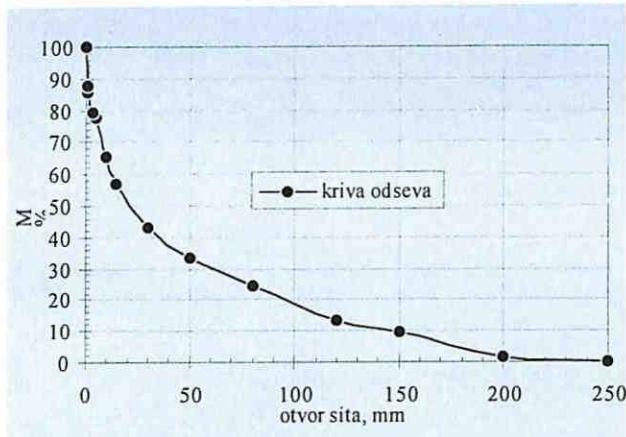
Uzorak namenjen tehnološkim ispitivanjima uzet je sa postojeće deponije uglja rudnika "Kovin". Na rastojanju od 50 m, počev od oboda deponije, rovokopačem su otkopana tri bunara. Dalje skraćivanje uzetog uzorka izvršeno je ručno, do mase od oko 200 kg. Određen je granulometrijski sastav otkopanog uglja, urađena analiza "pliva-tone" i određena gustina specimena gline, uglja i peska.

GRANULOMETRIJSKI SASTAV

Granulometrijski sastav rovnog uglja "Kovin" određen suvim sejanjem prikazan je na slici 1. Maksimalna krupnoća komada u uzorku iznosila je 250 mm, a učešće klase krupnijih od 80 mm, bilo je oko 24.5%. Isto tako, određeno je maseno učešće klase -1+0 mm od oko 12%.

Kvalitet klase -5+0 mm je veoma nizak zbog visokog sadržaja pepela koji iznosi čak 85% (bez vlage). Pri tome nije isključena mogućnost da je ovako visok sadržaj pepela posledica odnošenja sitnih klasa uglja vodenom strujom ka taložnici.

Makroskopski pregled rasejanih klasa ukazuje na to da se glina nalazi u krupnim klasama +50 mm, šljunak u klasama -80+5 mm, a pesak u klasi -5+0 mm.



Slika 1. Granulometrijski sastav RU "Kovin"

Na specimenima peska, sive gline i uglja određeni su sadržaj vlage i gustina:

	vlaga (%)	gustina (g/cm ³)
pesak -5+0 mm	19.39	2.7
siva glina	29.24	2.2
ugalj	44.23	1.5

Na posebnom specimenu sive gline određen je koeficijent plastičnosti od 29.94 koji ovu glinu svrstava u gline veoma teške za pranje.

PLIVA-TONE ANALIZE

Pliva-tone analize rađene su u vodenom rastvoru cink-hlorida gustina 1.20, 1.25, 1.30, 1.40, 1.50, 1.60, 1.70 i 1.80 kg/dm³, na klasama krupnoće: -250+15 mm, -15+5 mm i -5+0 mm.

Na osnovu rezultata P-T analiza navedenih klasa i njihovih odgovarajućih udela data je zbirna P-T analiza

klase -250+1 mm, prikazana u tablici 1 i na slici 2, iz koje uočavamo sledeće:

- srednji sadržaj pepela u ovoj klasi iznosi oko 54.21% (b.v.)
- kriva $\Delta \pm 0.1$ pokazuje da je optimalna gustina deljenja oko 1.50 kg/dm³
- čišćenjem na gustini deljenja 1.50 kg/dm³ može se dobiti oko 49.69% čistog uglja sa oko 12.77% pepela (b.v.) i oko 50.31% jalovina sa oko 95% pepela (b.v.).

Pri izradi P-T analiza uočeno je da se glina koncentriše u frakcijama gustina -1.7 kg/dm³ i -1.80 kg/dm³ klase -250+15 mm dok se šljunak koncentriše u frakciji +1.80 kg/dm³ klase -15+5 mm kao i pesak u istoj frakciji klase -5+1 mm.

Na kompozitnom uzorku čistog uglja tj. frakcijama gustina -1.50 kg/dm³ iz ispitivanih klasa krupnoće, uradene su tehnička i elementarna analiza kao i analiza sastava pepela, čiji su rezultati prikazani u tablici 2, odakle se vidi da čist ugalj sa 45% vlage sadrži oko 7.7% pepela (13.97% b.v.), 2.24% ukupnog sumpora, 47.32% sagorivih materijala i ima donju topotnu vrednost od oko 10.94 GJ/t. Od ukupnog sumpora 1.72% je sagorivi sumpor a 0.53% je sumpor u pepelu. Uporedenje dobijenih rezultata sa uzorkom kostolačkog uglja "komad - Drmno", pokazuje veliku sličnost što potvrđuje genetsku vezu ova dva ležišta.

Ugalj bez vlage sa 13.97% pepela sadrži 56.86% ugljenika, 4.82% vodonika, 3.12% sagorivog sumpora i 21.23% azota i kiseonika.

Analiza pepela pokazuje da pepeo sadrži oko 32% SiO₂, 14.5% Al₂O₃, 19.15CaO i 17.18% SO₃.

OBRAZLOŽENJE TEHNOLOŠKOG PROCESA

Osnovni tehnološko-peoizvodni parametri bagera UCW - 450 koji radi na podvodnom otkopavanju uglja

GUSTINA g/cm ³	MASA 105°C M%	PEPEO 105°C p%	FRAKCIJA KOJA PLIVA		FRAKCIJA KOJA TONE	
			M%	p%	M%	p%
-1.20	16.70	9.95	16.70	9.95	100.00	54.13
1.20 -1.25	20.24	11.78	36.94	10.95	83.30	62.99
1.25 -1.30	6.55	15.73	43.49	11.67	63.06	79.42
1.30 -1.40	4.28	18.17	47.77	12.25	56.51	86.80
1.40 -1.50	1.92	25.68	49.69	12.77	52.23	92.43
1.50 -1.60	0.94	45.46	50.63	13.38	50.31	94.98
1.60 -1.70	3.23	77.98	53.86	17.25	49.37	95.92
1.70 -1.80	3.92	84.29	57.78	21.80	46.14	97.17
+1.80	42.22	98.37	100.00	54.13	42.22	98.37
ULAZ	100.00	54.13				

Tablica 1. Pliva – Tone analiza RU "Kovin" klase -250+1 mm

Komponenta	sa vlagom	bez vlage	bez vlage i pepela								
TEHNIČKA ANALIZA											
vlaga, %	28.20										
pepeo, %	14.34	19.97									
sumpor ukupni, %	0.99	1.38									
sumpor u pepelu, %	0.51	0.71									
sumpor sagoriv, %	0.48	0.67	0.84								
kokš, %	38.21	53.22	41.55								
C - fiks, %	23.87	33.25	41.55								
isparljivo, %	33.59	46.78	58.45								
sagorivo, %	57.46	80.03	100.00								
GTV, kJ/kg	16179	22533	28156								
DTV, kJ/kg	14889	21641	27041								
ELEMENTRARNA ANALIZA											
ugljenik ukupni, %	39.86	55.52	69.37								
vodonik, %	3.11	4.33	5.41								
sumpor sagoriv, %	0.48	0.67	0.84								
azot + kiseonik, %	14.01	19.51	24.38								
ANALIZA PEPELA											
Komp.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O	Reak.
%	50.0	4.25	17.9	10.3	4.86	8.61	0.14	1.44	0.59	2.02	Jako kis.

Tablica 2. Tehnička i elementarna analiza uglja "Kovin" klase -250+1 mm (frakcija – 1.5 kg/m³)

"Kovin" prema garanciji isporučioca veoma su impresivni:

kapacitet:	šljunak	1300 m ³ /h
	pesak	2300 m ³ /h
	ugalj	600 t/h
	pulpa	12000 m ³ /h
prečnik polupovoda:	900 mm	

Razmotrivši rezultate prethodno navedenih tehnoloških ispitivanja, mogli smo biti sigurni da tehnološki postupak pripreme uglja koji odaberemo mora imati sledeće tehnološke operacije: odvodnjavanje uglja, klasiranje i čišćenje uglja.

ODVODNJAVANJE

Velika vodena masa, oko 12000 m³/h, posledica je odabranog procesa eksploracije i hidro transporta uglja. Osnovna ideja nam je bila, da se voda što pre ukloni a dalji proces prerade uglja dizajnira na način uobičajen za prethodno oprani ugalj. Analizirane su različite metode i uređaji sa odvodnjavanje na primer: hidrocikloni, elevatori, hidrosajzeri itd. Kombinaciju fiksnih rešetki i vibracionih sita odabrali smo kao najpovoljniju, jer pored osnovne funkcije odvodnjavanja vrši i klasiranja uglja na assortimane. Obilje vode u ovoj fazi procesa iskorišćeno je i za uklanjanje klase -1+0 mm, glavnog naosioca peščane frakcije.

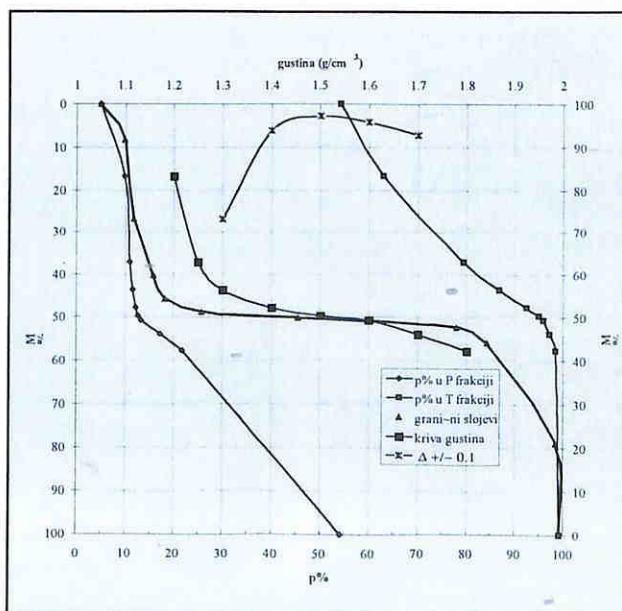
KLASIRANJE UGLJA

Klasiranje odvodnjene orkapanog uglja prihvatali smo kao neophodnu i višestruku korisnu operaciju. Tr-

žište uglja bi veoma teško prihvatile neklasirani ugalj bio on čišćen ili ne. Klasiranje je isto tako neophodno i kada se razmišlja o čišćenju, jer ne postoji uređaj koji može prihvati i čistiti raspon krupnoće -250+1 mm.

ČIŠĆENJE UGLJA

Pitanje kvaliteta uglja koji se podvodno otkopava, u uslovima trenutne potražnje se ne postavlja, iako je jasno da je njegov kvalitet takav, da neće moći da se plasira bez čišćenja. Proces prerade uglja smo uostalom



Slika 2.
Pliva – Tone analiza RU "Kovin" -250+1mm

koncepirali tako da se postrojenje može graditi fazno, bez čišćenja, ili da se ova operacija isključi, kada kvalitet iskopanog uglja bude takav da ne zahteva čišćenje.

KAPACITET I RADNO VREME POSTROJENJA

Kada se uporedi relativno nisko predviđeno vremensko iskorišćenje rada bagera, sa uobičajenim raspoloživim vremenom rada postrojenja za pripremu uglja, deponija odvodnjenega uglja namenjenog daljoj preradi nametnula se sama po sebi. Projektovani kapacitet bagera od 600 t/h mora da prati samo sekciju odvodnjavanja, dok postrojenje za čišćenje uglja napajano sa deponije može imati znatno manji kapacitet i naravno, manju cenu.

Zahvaljujući deponiji, postrojenje za čišćenje ima tako kapacitet od oko 86.6 t/h i radno vreme od 21 h/dan, umesto kapaciteta od 302.4 t/h, koje bi postrojenje moralo da ima kada bi se čistila ista količina uglja, bez prethodnog deponovanja.

Imajući u vidu navedene tehnološke zahteve, koncipirali smo postrojenje za preradu uglja koje ih u potpunosti zadovoljava, a u kome možemo zapaziti tehnološke celine namenjene odvodnjavanju, čišćenju uglja i klasiranju na assortirane.

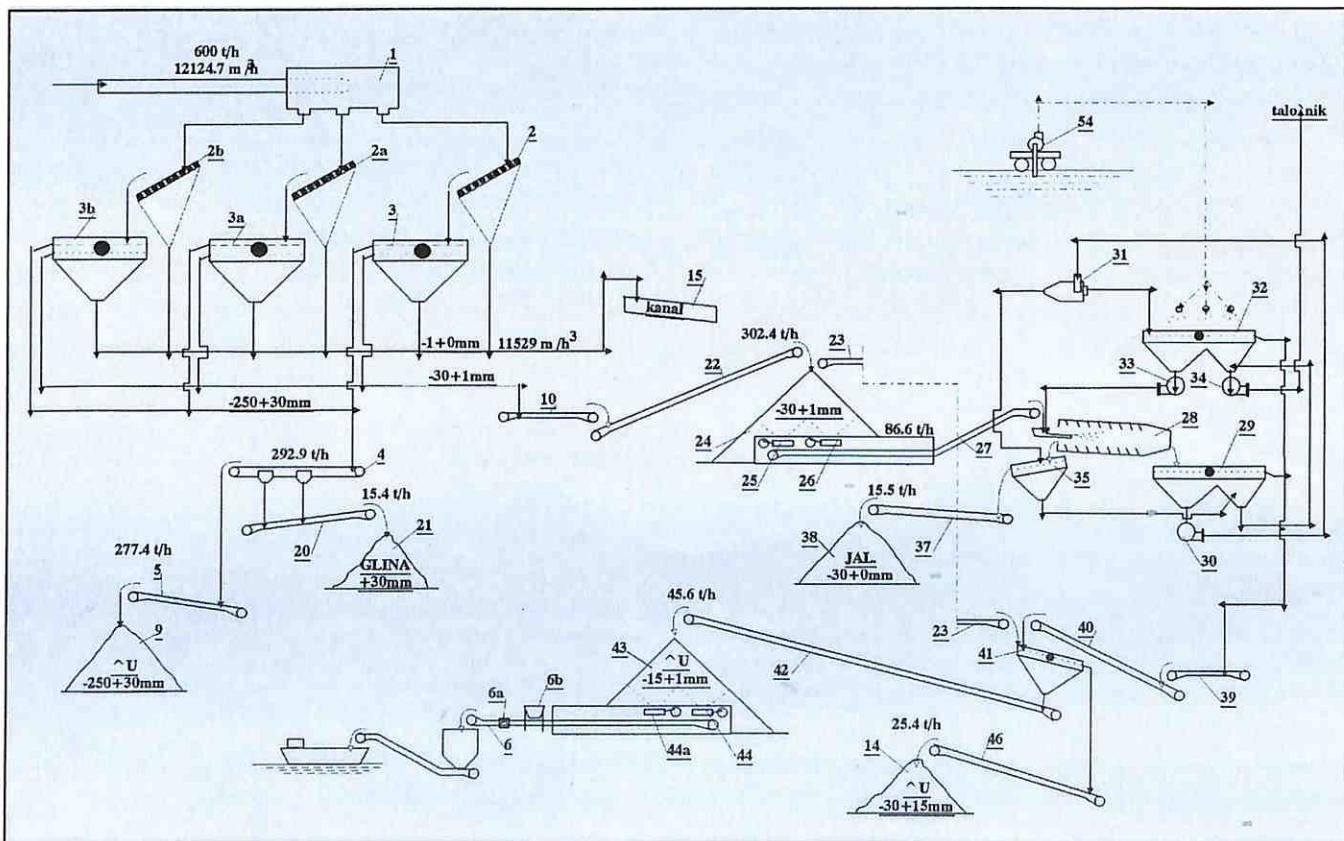
Odvodnjavanje i primarno klasiranje uglja obavlja se u tri identične sekcije. Odvodnjavanje započinje na stacionarnim rešetkama otvora 1 mm a završava se na dvoetažnonim vibracionim sitima otvora 30 mm i 1 mm. Ovaj deo tehnološkog procesa dimenzionisan prema kapacitetu i radnom vremenu bagera daje sledeće proizvode:

- Odvodjeni ugalj krupnoće -250+30 mm
- Odvodjeni ugalj klase krupnoće -30+1(1.5) mm
- otpadni mulj -1(1.5) mm, sa oko 11500 m³/h vode, koji se odvodi u tzv. "taložnicu".

Odvodjeni ugalj -250+30 mm, može se ili čistiti ručnim prebiranjem jalovine (gline) ili plasirati tržištu vez odvajanja gline, ako je dovoljno čist.

Odvodjeni ugalj -30+1mm se deponuje, a zatim može da se klasira na vibro-situ otvora 15 mm ili čisti. U oba slučaja dobijaju se assortirani uglja -30+15 mm i -15+1 mm.

Predloženim tehnološkim procesom zadovoljava se osnovni zahtev investitora da postrojenje proizvodi tri assortirana komercijalnog lignita, bez čišćenja ako je rovni lignit kvalitetan, ili sa čišćenjem ako je to neophodno. Assortirani komad -250+30 mm i orah -15+1 mm namenjeni su širokoj potrošnji a sitni -15+1 mm energetici.



Slika 3. Šema tehnološkog procesa za separaciju lignita "Kovin"

OPIS TEHNOLOŠKOG PROCESA

Na slici 3. prikazana je šema tehnološkog procesa klasiranja i čišćenja uglja "Kovin", sa odabranim elementima šeme kretanja masa.

Pulpovod uglja završava se prihvativim sandukom (1) iz koga se pulpa distribuirala na tri kose rešetke otvora 1 mm (2, 2a, 2b), na kojima se izdvaja deo mulja i vode. Delimično odvodnjeni ugalj se zatim potpuno odvodnjava i prosejava na dvoetažnim vibracionim sitima (3, 3a, 3b), otvara 30 mm gornje etaže i 1 mm donje. Voda i izdvojeni mulj -1 mm odvode se kanalima ka taložnicama.

Odvodnjena masa krupnog uglja -250+30 mm sa sva tri vibraciona sita pada na široku transportnu traku (4) na kojoj može da se vrši ručno odabiranje krupne jalovine (gline). Izdvojena jalovina odvodi se na odgovarajuću deponiju (21), transportnom trakom (20). Krupni ugalj odnosno assortiman "komad" otprema se prema deponiji (9) transportnom trakom (5). Sa deponije (9), assortiman "komad" može utovarivati u kamione utovarnom lopatom ili otpremati prema prihvativom košu (6b) ukrcajnog postrojenja rečnog transporta.

Odvodnjena klasa -30+1 mm sa vibracionih sita skuplja se na transportnoj traci (10). Ovom trakom se može celokupna klasa uputiti na deponiju (24) preko transportne trake (22), ili uz pomoć transportne trake (23) odmah usmeriti na vibraciono sito (41), na kome se dobijaju assortimahi "orah" -30+15 mm i "sitni" -15+1 mm. Kada je neophodno čišćenje uglja, ugalj -30+1 mm se mora deponovati na deponiji (24) koja ima kapacitet jednodnevne proizvodnje. Sa deponije se ugalj prazni klatnim dodavačima (25, 26) do transportne trake (27) koja napaja postrojenje za čišćenje uglja tipa "Parnaby" u autogenoj suspenziji na gustini deljenja oko 1.55 kg/dm³. Postrojenje "Parnaby" sastoji se od bubnja (28) u kome se vrši razdvajanje jalovine od uglja. Jalovina kao teška frakcija izvlači se spiralom iz bubnja i pada na vibraciono sito (35) na kome se oceduje i zatim trakom (37) otprema na deponiju jalovine -30+0 mm. Čist ugalj krupnoće -30+6 mm pere se i oceduje na vibracionom situ (29) sa kojeg pada na transportnu traku (39). Sitan ugalj -6+0 mm i autogena suspenzija, pumpom (30) se odvode u "Parnaby" ciklone (31) u kojima se dobija jalovina koja se oceduje na već pomenutom situ (35), dok se čisti ugalj pere i oceduje na vibracionom situ (32) otvora 1 mm. Otkapana gusta suspenzija sa prvog dela sita vraća se u bubenj pumpom (33), dok se razređena suspenzija sa drugog dela sita odvodi pumpom (34) kao otpadna voda prema "taložnicama".

Odvodnjeni sitni ugalj -6+1 mm pada na transportnu traku (39) koja vodi ČU do trake (40) koja hrani vibraciono sito (41) za klasiranje uglja na assortimane "orah"

i "sitni". Assortiman "sitni" otprema se na deponiju energetskog uglja transportnom trakom (42). Kada se ugalj stalno čisti, ova deponija u celini služi samo za energetski ugalj ČU -15+1 mm. Assortiman "orah" odvodi se na posebnu deponiju (14), transportnom trakom (46).

PROGNOZNI BILANS ČIŠĆENJA ROVNOG UGLJA "KOVIN"

Iz prognognog bilansa proizvodnje uglja po novoj konцепцијi odvodnjavanja i čišćenja prikazanog na tablici 3, vidi se da će rudnik sa godišnjom proizvodnjom rovnog uglja 600000 t/g, dati tržištu sledeće količine assortimana:

Assortiman	MASA (t/l)	VLAGA (%)	PEPEO (%)	DTV (kJ/kg)
ČU +30mm	277436	45.50	9.29	10598
ČU -30+15mm	80000	46.00	6.75	11042
ČU -15+1mm	143303	48.50	6.70	10337

Tablica 3.
Prognozni bilans čišćenja rovnog uglja "Kovin"

ZAKLJUČAK

Odmah nakon početka probne eksploracije uglja u rudniku "Kovin", pokazalo se da je koncept odvodnjavanja uglja u deponijama - kasetama neodrživ.

Autori ovog rada su posle osnovnih tehnoloških ispitivanja uglja "Kovin", razmotrili brojne uređaje za odvodnjavanje kao što su: hidrocikloni, elevatori sa perforanim koficama, hidrosajzeri, lučna sita i dr. Nakon detaljnog analiziranja izabran je, kao najpouzdaniji, sistem fiksnih rešetki i vibracionih sita, čime se pored odvodnjavanja vrši i osnovno klasiranje uglja na različite assortimane pogode za dalju preradu, tj. čišćenje.

Zavisno od potreba Investitora, mogu se dobiti assortimani čišćenog i nečišćenog uglja krupnoće: -250+30 mm, -30+15 mm i -15+1 mm.

Klasičnom postupku čišćenje može se podvrgnuti sitna klasa -30+1 mm. Za njeno čišćenje preliminarno je razmotreno "Parnaby" postrojenje, a dat je prognozni bilans njegovog rada. Krupna klasa -250+30 mm može se čistiti ručnim odabiranjem gline.

Predložena nova koncepacija, samo je delimično realizovana na rudniku "Kovin", ugrađivanjem fiksnih rešetki, dok se realizacija nove koncepacije u celosti vezuje za obezbeđenje investicionih sredstava. Primenom predložene nove koncepacije rudnik lignita "Kovin", nude bi tržištu stabilan kvalitet assortimana uglja.

SUMMARY

This paper gives the results of basic technological investigations, carried out on coal exploited in the first experimental underwater mine, and the proposal for further treatment. The proposed technological process is based on the specificness of chosen underwater excavation method, on coal quality as well as market demands. The process includes the following stages: dewatering, classification and cleaning of raw coal.

LITERATURA

1. Leonard J. W., 1979: Coal Preparation, New York.
2. Draškić D., 1975: Industrijska primena PMS.
3. RI Beograd, "Ispitivanja mogućnosti čišćenja rovnog uglja "Kovin" i predlog daljih aktivnosti, grupa za ugalj, 1995.
4. RI Beograd, Aneks glavnog rudarskog projekta rudnika uglja "Kovin" za separaciju uglja, osnovna koncepcija, 1995.

AUTORI

Mihailo Canić, dipl. ing. rud.
Stevan Đokić, dipl. ing. rud.
Nebojša Kostović, dipl. ing. rud.
Ivana Simović, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

Za potrebe termoelektrana, kao velikih potrošača, deponovanje uglja vrši se prirodnim slobodnim odlaganjem uz minimalnu primenu dodatnih faza rada što je istovremeno i osnovni uzrok pojava samozagrevanja i endogenih požara. Ukoliko se ne uspostavi sistem redovne kontrole, može doći do havarija čija bi sanacija iziskivala velike troškove.

Mećutim, ako se deponovanje uglja vrši postupkom sabijanja, ove pojave se u potpunosti eliminisu kako za vreme rada tako i u toku dužeg ležanja uglja na depoziji.

UVOD

Problem bezbednog deponovanja uglja u našoj zemlji i danas je veoma aktuelan, budući da u energetskom potencijalu, ugalj zauzima značajno mesto, a u odnosu na celokupnu količinu uglja koja se proizvodi, znatnu količinu predstavljaju baš ugljevi sa jako izraženom sklonosću ka samozagrevanju, odnosno samozapaljenju.

Problem bezbednog uskladištenja je od velikog interesa za sve korisnike, za velike potrošače, kao što su termoelektrane sa neujednačenom potrošnjom tokom cele godine, a i za same rudnike. Protočna potrošnja uglja smatra se najidealnijom, što podrazumeva da premanje uglja odgovara dnevnim potrebama potrošača. Pošto je to u praksi neostvarljivo, uvek se moraju deponovati izvesne količine uglja.

S obzirom na ovu činjenicu, oksidacija uglja je konstantna pojava, a vreme za koje dolazi do požara zavisi od velikog broja činilaca endogenog i egzogenog porekla. Kako svi ugljevi imaju različite osobine u pogledu oksidacije i samozapaljenja, odnosno u pogledu pojave endogenih požara, i kako je teško odrediti koji činioci imaju presudnu ulogu može se zaključiti da se navedene pojave na deponijama mogu sprečiti samo preuzimanjem odgovarajućih tehničkih mera za vreme deponovanja i tokom pretovara i transporta uglja na delovi svake deponije.

NAČIN DEPONOVANJA UGLJA

Kod svih naših termoelektrana deponovanje uglja vrši se na otvorenim deponijama, prirodnim, odnosno slobodnim odlaganjem, kao najjeftiniji način, uz minimalnu primenu dodatnih faza rada. Ugalj deponovan slobodnim odlaganjem je u veoma rastresitom stanju, što omogućava nesmetanu cirkulaciju vazduha kroz telo deponije i razvoj oksidacionih procesa.

UKD:622.271.4:622.826:66.042.56

Stručni rad

DEPONOVANJE UGLJA POSTUPCIMA SABIJANJA RADI SPREČAVANJA POŽARA NA VELIKIM DEPONIJAMA

Vaso Elezović
Vladimir Ivanović
Dragan Krunic

S obzirom na ove pojave zagrevanja, intezivni oksidacioni procesi, povremeno i otvoreni požari su česti na velikim deponijama.

Preventivne mere sanacije, preduzimaju se tek nakon pojave požara. Pri tome, požar se najčešće pokušava zaustaviti polivanjem vode, što predstavlja veliku grešku, jer prisustvo vlage u zagrejanom uglju znatno ubrzava proces oksidacije i upale.

Najefikasniji način sanacije požara i intezivnih oksidacionih procesa je rasprostiranje i planiranje, uz intezivno nabijanje zagrejanog uglja ili brzo trošenje, pri čemu se posebno mora voditi računa da ne dođe do upale na transportnim sistemima.

Deponovanje uglja prirodnim odlaganjem može se primenjivati samo za uslove kada je vreme ležanja uglja na deponiji kraće od kritičnog vremena. S obzirom da se ovo u praksi retko dešava, jer je intezitet potrošnje uglja tokom godine promenljiv, a da istovremeno mora postojati odredena rezerva, pri deponovanju uglja mora se primenjivati postupak redovnog sabijanja.^[1]

DEPONOVANJE UGLJA POSTUPKOM REDOVNOG SABIJANJA

Ovaj način deponovanja uglja zasniva se na velikoj kompaktnosti odlagališta. Slojevitim odlaganjem i sabijanjem uglja znatno se smanjuje količina vazduha zaoštalog u deponiji, a prostrujavanje vazduha kroz telo deponije svodi se na minimum. S obzirom na ove činjenice, posle izvesnog vremena, ugalj se okružuje internom atmosferom. Pošto je dovod svežeg vazduha sveden na minimum, ugljena masa je zaštićena od dalje oksidacije, kao i od svih promena koje povlače za sobom procesi oksidacije. Ovaj način deponovanja je za sitne klase i neseparisane ugljeve, koji se uglavnom koriste u svim termoelektranama. [2]

Osim toga, jedino ovaj postupak omogućava bezbedno deponovanje većih količina uglja sklonih samozapaljenju na otvorenom prostoru.

OSNOVNI ZAHTEVI PRI DEPONOVANJU UGLA POSTUPKOM SABIJANJA

Prema ispitivanjima ugljeva koji su skloni samozapaljenju, najpovoljniji efekti postižu se pri sabijanju ugljenog sloja debljine od 30 cm po jednom delu, ili celoj površini deponije. Sabijanje se vrši pod pritiskom od 30-40 kN/cm², što se najlakše postiže primenom buldozera.

Da bi se ugalj što više sabio buldozer mora preći preko svakog mesta, uzduž i popreko 5-6 puta. Nakon sabijanja prvog sloja po celoj površini, može se otpočeti sa odlaganjem narednog sloja. Paralelno sa slojevitim sabijanjem uglja na celoj deponiji, istovremeno se vrši

sabijanje i ravnjanje bočnih strana deponije. Ovoj fazi rada treba pokloniti posebnu pažnju, jer su to mesta sa najčešćim pojавama oksidacionih procesa i endogenih požara, pošto su najviše izložena uticaju vetra i intezivnoj cirkulaciji vazduha. Sa aspekta zaštite od oksidacionih procesa i požara, najpovoljnije je da bočne strane deponije budu pod uglom od 14°. Međutim, ovako mala vrednost za postojeće deponije podrazumeva znatno smanjenje kapaciteta, što se može nepovoljno odraziti na rad pri maksimalnoj potrošnji uglja.

S obzirom na ovu činjenicu, formiranje bočnih strana treba vršiti pod uglom od 35°, odnosno pod uglom pri kome je u potpunosti bezbedan rad opreme. Pored toga završna površina deponije mora biti ravna, da ne bi dozvilo do zadržavanja i akumuliranja vode, kao i u cilju što manjeg prodiranja vazduha u telo deponije.

Prema vršenim ispitivanjima, procesi oksidacije i zagrevanja su u potpunosti sprečeni pri zapreminske težini deponovanog uglja od 1,184 t/m³. [3]

Pored navedenih postupaka deponovanja uglja, za sprečavanje pojave oksidacionih procesa i požara, veoma bitan uticaj ima i redosled i dinamika potrošnje uglja, kao i povremeno ravnjanje nastalih udubljenja i neravnina duž dela deponije sa kojeg je utovaren ugalj.

KONTROLA DEPONOVANOG UGLJA

Bez obzira na primjenjeni način deponovanja uglja, neophodno je vršiti redovnu kontrolu radi pravovremenog otkrivanja navedenih pojava i preuzimanja preventivnih ili sanacionih mera zaštite. Pošto se kontrola mora vršiti odmah nakon deponovanja uglja, imajući u vidu prirodne karakteristike uglja, ista obuhvata vizuelno osmatranje, merenje temperatura i analize gasova. Dve nedelje nakon formiranja deponije, svaki dan se vrši vizuelno osmatranje. Nakon tri meseca ova osmatranja vrše se najmanje dva puta nedeljno. Prvi znaci da je došlo do zagrevanja uglja su sledeći:

- vlažne mrlje na površini deponije u jutarnjim časovima,

- zimi, mestimičnotopljenje snega,
- brzo, mestimično sušenje atmosferskih padavina,
- pojavljivanje oblačića vodene pare i
- pojava karakterističnog mirisa.

Zavisno od inteziteta navedenih indikacija, preduzimaju se odgovarajuće mere zaštite, pri čemu je najpovoljnije rešenje brza oprema i potrošnja zagrejanog uglja.

Merenja temperature treba vršiti bliže ivicama završne površine deponije, a tim što se posebno mora kontrolisati deo deponije koji je najviše izložen uticaju vetrova.

Na mestima merenja temperature, na dubini od 1 m, vrši se uzorkovanje gasne smeše na 15 dana i vrši se analiza u cilju određivanja sadržaja kiseonika, ugljen-monoksida i ugljendioksida. Iz odnosa kiseonika i ugljendioksida određuje se stanje razvoja oksidacionog procesa, odnosno inertnosti i zbijenosti deponovanog uglja.

Merenja temperature i uzorkovanje smeća mora se vršiti u ranim jutarnjim časovima kako bi se sprečio uticaj spoljnih faktora.

ZAKLJUČAK

Za bezbedan rad termoelektrana koje troše nesepari-sani lignit, a čija potrošnja varira u širokom opsegu u toku godine, neophodno je da se pri deponovanju uglja primeni postupak sabijanja.

Pored toga, primena ovog postupka povoljno utiče na radne uslove i živornu sredinu u termoelektranama i široj okolini. Sabijanjem uglja na zapreminsку težinu $1,185 \text{ t/m}^3$ u potpunosti se sprečavaju procesi oksidacije i pojave požara.

Redovna i planska primena postupka sabijanja deponovanog uglja ne iziskuje velike troškove rada, dok jedna havarija može da izazove velike gubitke koji iznose i preko milion dolara, kao što je to bio slučaj u termoelektrani "Kolubara A", 1992.

SUMMARY

PREVENTIVE MEASURES AGAINST
THE APPEARANCE OF OXIDATION
PROCESSES AND SPONTANEOUS FIRES
IN COAL STOCKPILES BY MEANS OF
COAL COMPRESSION

Coal fired power plants, as major coal consumers require large quantities of coal which are disposed on open stockpiles while additional stocking procedures are extremely reduced. This situation mainly leads to the appearance of self - ignition and breeding, spontaneous fires. Without proper and regular control, serious damages could be generated which would require large reparation costs.

However, if the coal is stocked by means of compression, these phenomena can be completely and successfully prevented, both during operating hours or during prolonged coal disposal period in the stockpiles.

LITERATURA

1. Ćurčić A. i Pavlović N.: Studija deponovanja uglja. Rudarski institut, Beograd 1989.
2. Elezović V.: Tehničko rešenje deponovanja uglja za velike potrošače - termoelektrane. Rudarski institut, Beograd, 1991.
3. Elezović V.: Tehničko rešenje sanacije požara i konzervacije deponija uglja kod termoelektrane Kolubara. Rudarski glasnik br. 1-2, Beograd, 1992.

AUTORI

Vaso Elezović, dipl. ing. rud.
Vladimir Ivanović, dipl. ing. rud.
Dragan Krunić, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

Moderna tehnologija masovne površinske eksploatacije lignita, i pored značajnih poboljšanja uslova rada, nosi sa sobom potencijalne opasnosti i štetnosti, koje mogu ugroziti fiziološke, biološke i emocionalne funkcije radnika.

Istraživanje postupaka za povećanje efekta zaštite na radu bazirano je na rezultatima ispitivanja postojećeg stanja zaštite, koji su prezentirani u objavljenom radu [1].

Na konkretnom primeru površinskih kopova "Kolubara" izložen je metodološki postupak pomoći koga je, na osnovu prethodno utvrđenog postojećeg stanja zaštite, izvršen izbor adekvatnih rešenja kolektivne zaštite, određena njihova selekcija po prioritetu primene i utvrđen program praktičnog sprovodenja. Buduće aktivnosti su postavljene na principu postepenog zavodenja predloženih rešenja što podrazumeva da se kontinualno prati mogućnost održavanja radnih karakteristika opreme i utvrde stvarni efekti zaštite.

UVOD

UDK: 628.51:622.271:622.332

Stručni rad

Finansira Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije*

ISTRAŽIVANJE MOGUĆNOSTI POVEĆANJA EFEKTA ZAŠTITE NA RADU NA POVRŠINSKIM KOPOVIMA "KOLUBARA"

Vladimir Ivanović
Obren Koprivica
Vaso Elezović

* Ovaj članak je rezultat rada autora na istraživačko-razvojnem projektu "nove tehnologije eksploatacije i pripreme uglja u Republici Srbiji (C.2.05.20.042)"

Na površinskim kopovima "Kolubara", primenom savremene tehnologije kontinualnog otkopavanja, ostvaruje se oko 2/3 ukupne godišnje proizvodnje lignita u Jugoslaviji. Osnovnu rudarsku opremu čine: bageri, rotorni, odлагаči, vedričari, dreglajni, zatim samohodni, etažni i sabirni transporteri. Za dopunske radove primenjuje se uobičajena pomoćna mehanizacija (buldozeri, utovarači i dr.).

Moderna tehnologija masovne površinske eksploatacije lignita, i pored poboljšanja uslova rada, nosi sa sobom potencijalne opasnosti i štetnosti koje mogu ugroziti fizičke, biološke i emocionalne funkcije radnika.

Istraživanje postupka za povećanje efekta zaštite na radu bazirano je na rezultatima ispitivanja postojećeg stanja zaštite, koji su prezentirani u prethodno objavljenom radu [1].

Detaljna analiza potencijalnih opasnosti u postojećem tehnološkom procesu [1] pokazala je da nije isključena opasnost od požara, kao izrazitog uzročnika nastajanja havarnih situacija. Utvrđena je i opasnost od pojedinačnog povređivanja radnika, pre svega kao posledice nedovoljnog održavanja zaštitnih sredstava na mehaničkim sistemima, tehnološkoj opremi i elektroinstalaciji. Takođe je izražena opasnost od delujućih profesionalnih štetnosti u pojedinim tehnološkim kompleksima, odnosno prostorno-tehnološkim celinama. Uzimajući u obzir intezitet štetnog delovanja i prostornu zastupljenost najviše se ispoljava uticaj agresivne prašine, pa zatim klimatskih faktora, buke i gasova.

Objekti analize	Broj objekata analize	Broj tipskih rešenja	Raspodela tipskih rešenja			
			Prethodna zaštita	Ugradnja	Održavanje	Ukupno
Polje D:						
- Gradevinski objekti	27	52	3	106	66	175
- Bageri	23	66	96	124	129	349
- Transporteri	40	42	79	206	92	377
- Ind. krugovi	9	13	-	33	8	41
- Površinski kop	1	10	3	2	5	10
- Ukupno	100	183	181	471	300	952
Polje B:						
- Gradevinski objekti	16	52	32	58	46	136
- Bageri	12	48	78	86	84	248
- Transporteri	7	29	19	61	49	129
- Ind. krugovi	7	5	-	28	6	34
- Površinski kop	1	5	3	2	-	5
- Ukupno	43	139	132	235	185	552
Tamnava-Istok						
- Gradevinski objekti	21	54	-	71	106	177
- Bageri	8	34	17	32	27	76
- Transporteri	14	27	9	76	102	187
- Ind. krugovi	2	10	2	18	-	20
- Površinski kop	1	4	2	2	-	4
- Ukupno	46	129	30	199	235	464

Tablica 1. Prikaz raspodele tipskih rešenja zaštite prema karakterističnim obeležjima realizacije

U navedenoj analizi [1] izvršeno je evidentiranje i sistematizovanje nedostataka primenjene zaštite, čime su određeni pravci daljeg rada na programiranju i sprovođenju mera za poboljšanje stanja, odnosno povećanje efekta zaštite.

IZBOR POSTUPKA I REŠENJA ZAŠTITE

Primenjena metodologija za kontrolu stanja zaštite i primenu kolektivne zaštite omogućila je sveobuhvatnu analizu i evidentiranje nedostataka, pri čemu njihov veliki broj više ukazuje na složenost tehnološkog procesa i kompleksan uticaj prirodnih tehnoloških faktora na uslove rada, nego na nedovoljnu angažovanost stručnih službi radnika, a što je opet, odredilo potrebu selektivnog pristupa u programiranju postupaka za poboljšanje efekata zaštite. Kriterijum prioriteta u selektivnoj primeni zasnovan je na otklanjanju nepovoljnih posledica za tri karakteristične grupe potencijalnih opasnosti:

- Havarne situacije koje mogu prouzrokovati kolektivno povređivanje i ugrožavanje života ljudi, ili mogu ugroziti sigurnost objekata;
- Pojedinačno povređivanje i ugrožavanje života ljudi;
- Profesionalna oboljenja radnika kao posledica delovanja profesionalnih štetnosti.

Havarne situacije i pojedinačno povređivanje radnika imaju visoki stepen rizika pošto se posledice manife-

stuju odmah po nastajanju pojave, što znači da primena mera za njihovo otklanjanje mora imati prioritetan značaj.

Kod profesionalnih oboljenja postoji određena vremenska distanca od nastajanja pojave do njene konkretnе manifestacije - evidentnih posledica. Tu se istražuje kolektivna veza između profesionalnih štetnosti u radnoj okolini (prašina, gasovi, vibracije, klima, osvetljenost) u funkciji inteziteta štetnosti i ekspozicije radnika.

Kod izbora metoda za povećanje efekata zaštite na radu usvojen je metodološki postupak **tipskih rešenja** za otklanjanje konstatovanih nedostataka primenjene zaštite na površinskim kopovima "Kolubara". Tipska rešenja su sistematizovana po karakterističnim obeležjima objekta analize: Površinski kopovi, industrijski (rudnički) krugovi, gradevinski objekti, rudarske mašine (bageri), transporteri sa trakom. Podrazumeva se višestruka primena tipskih rešenja u organizaciono-tehnološkoj strukturi objekata (tablica 1).

Metodologijom praktičnog sprovodenja, neposredno u pogonskim uslovima, obuhvaćena je podela tipskih rešenja zaštite na tri karakteristična obeležja: prethodna zaštita: ugradnja (rekonstrukcija) namenske opreme; i tekuće održavanje.

Prethodna zaštita obuhvata studijska istraživanja sa ciljem da se dobiju relevantne podloge za dalju razradu i projektovanje konkretnih rešenja. U ovaj domen zaštite spadaju i mere koje priosteknu iz zakonske regulati-

ve, a odnose se na odgovarajuća normativna akta, kao i kontrolna i atestaciona ispitivanja iz oblasti zaštite u radnoj i životnoj sredini.

Pod uticajem namenske opreme predviđena je primena konkretnog tehničkog rešenja, što u praktičnoj realizaciji obuhvata: izradu projektne dokumentacije; Konstruisanje-nabavku opreme; ugradnju i puštanje u rad; kontrolu i održavanje projektovanih karakteristika u eksploataciji; stalno praćenje ostvarenih efekata.

Za tekuće održavanje predviđene su aktivnosti manjeg obima, koje obično sprovode službe pogonske usluge preduzeća.

Raspodela tipskih rešenja zaštite na radu prema karakterističnim obeležjima praktične realizacije, u posmatranoj strukturi objekta data je u tablici 1.

Kao što se može videti iz rezultata prikazanih u tablici 1, istraživanja su pokazala da je na sva tri površinska kopa neophodno preduzeti veoma obimne radove u cilju poboljšanja postojećeg stanja zaštite na radu. Tipska rešenja zaštite se višestruko pojavljaju u strukturi objekata analize tako da je broj ukupno potrebnih investicija blizu 2000. Kod posmatranja tri površinska kopa nema bitnih razlika u karakteristikama objekata analize, strukturi tipskih rešenja, načinu programiranja i sprovođenja zaštite na radu.

Trećina od ukupnog broja registrovanih tipskih rešenja (37%) nalazi se u domenu održavanja što pokazuje da bi se, uz bolje održavanje i primenu postojećih zaštitnih mera i sredstava, relativno brzo mogli poboljšati efekti zaštite. Na drugoj strani veliki broj tipskih rešenja ima obeležje prethodne zaštite i ugradnje što pokazuje da je kvalitetno rešenje ovog problema dugotrajan proces, koji zahteva detaljno planiranje i odgovarajuće usmeravanje budućih aktivnosti.

Istraživanja su pokazala da je za realizaciju budućih aktivnosti veoma značajna raspodela tipskih rešenja po karakterističnim obeležjima (elementima) zaštite. Inter-

pretacija rezultata za najveći površinski kop "Polje D", prikazana u tablici 2 pokazala je sledeće karakteristike.

Najviše tipskih rešenja predviđeno je za zaštitu od povredivanja radnika (78), ali je najmanja pojedinačna učestalost njihove primene, koja prosečno iznosi 3,3. Povoljna okolnost je da se njihova primena pretežno nalazi u domenu pogonskog održavanja što omogućava bržu realizaciju.

Kod zaštite od požara evidentan je relativno mali broj tipskih rešenja (26), ali je prosečna učestalost primene po jednom rešenju znatno veća (4,4). Nepovoljna okolnost je što njihova primena zahteva obimne izvođačke radove i značajna investiciona ulaganja.

Za zaštitu od profesionalnih štetnosti predviđeno je 37 tipskih rešenja zaštite sa veoma visokom prosečnom učestalošću (9,5), što ukazuje na mogućnost serijske primene pojedinih rešenja. Aktuelne su sve tri faze sprovođenja zaštite (preventiva, ugradnja, održavanje), kao i potreba da se buduća istraživanja moraju usmeriti na investiciona rešenja za poboljšanje uslova rada (kondicioniranje vazduha, suzbijanje buke i vibracija);

Za poboljšanje radnog komfora predviđeno je 20 tipskih rešenja. Učestalost primene po tipskom rešenju prosečno iznosi 4,8. Pored poboljšanja uslova kretanja i manipulacije u radnom prostoru u ovom slučaju buduće aktivnosti bi trebalo da budu usmerene ka ergonomskim rešenjima udobnijeg položaja tela rukovaoca mašina;

Kod higijenske zaštite registrovano je 10 tipskih rešenja čija je učestalost pojavljivanja prosečno 11,8, što ukazuje na mogućnost višestruke primene, a intervencije su pretežno usmerene na poboljšanje higijenskih uslova i prevenciju za pružanje prve pomoći:

Kod normativne zaštite predviđeno je 14 tipskih rešenja sa prosečnom učestalosti pojavljivanja 20,8, što potvrđuje mogućnost organizovane i efikasne primene kontrolnih i atestacionih ispitivanja i adekvatne prime-ne ličnih zaštitnih sredstava;

Tablica 2. Raspodela tipskih rešenja po karakterističnim obeležjima zaštite na PK "Kolubara – Polje D"

Obeležja zaštite na radu	Broj tipskih rešenja*				
	Gradevinski objekti	Bageri	Transporteri	Industrijski krugovi	Površinski kop
Zaštita od hemijskih štetnosti	21 (6)	25 (4)	41 (2)		1 (1)
Zaštita od buke i vibracija	14 (2)	18 (1)	40 (1)		1 (1)
Zaštita od nedovoljne osvetljenosti	23 (6)	9 (4)	3 (2)		
Zaštita od požara i eksplozije	14 (7)	33 (7)	32 (2)	33 (7)	3 (3)
Zaštita od povreda	39 (17)	97 (36)	123 (23)		2 (2)
Poboljšanje radnog komfora	6 (4)	22 (6)	62 (5)	7 (5)	
Klimatizacija	36 (3)	40 (2)	83 (4)		
Higijenska zaštita	33 (5)	63 (3)	21 (1)		1 (1)
Normativna zaštita	56 (2)	118 (7)	118 (5)		

* U zagradama je upisan broj tipskih rešenja predviđenih za primenu, a izvan zagrade su upisani brojevi koji označavaju koliko puta bi odgovarajuća tipska rešenja trebalo da budu primenjena u dатој strukturi objekata.

Objekti analize	Broj tipslih rešenja po stepenima prioritet		
	I 1 2	II 3	III 4
Polje D:			
- Gradevinski objekti	123	19	33
- Bageri	165	166	18
- Transporteri	136	161	80
- Ind. krugovi	27	6	8
- Površinski kop	4	4	2
- Ukupno	455	356	141
Polje B:			
- Gradevinski objekti	84	45	7
- Bageri	118	130	-
- Transporteri	86	31	12
- Ind. krugovi	13	12	9
- Površinski kop	2	3	-
- Ukupno	303	221	28
Tamnava-Istok			
- Gradevinski objekti	90	67	20
- Bageri	51	16	9
- Transporteri	145	31	11
- Ind. krugovi	8	7	5
- Površinski kop	1	1	2
- Ukupno	295	122	47

Tablica 3. Prikaz raspodele tipskih rešenja zaštite prema prioritetu realizacije

Interpretacija rezultata za preostala dva površinska kopa (polje B, Tamnava-Istok) pokazala je slične karakteristike raspodele tipskih rešenja po prethodno navedenim obeležjima zaštite na radu.

BUDUĆE AKTIVNOSTI ZA POBOLJŠANJE STANJA ZAŠTITE

Uzimajući u obzir pomenute karakteristike potencijalnih opasnosti i potrebu za obimnim radovima selektivan pristup u programu mera zaštite metodološki je postavljen na primeni tri stepena prioriteta:

I stepen - Obavezno sprovođenje, bez vremenskog odlaganja

II stepen - Obavezno sprovođenje, sa kraćim vremenskim odlaganjem

III stepen - Obavezno sprovođenje, sa dužim vremenskim odlaganjem

Sistematisacija predloženih tipskih rešenja za otklanjanje nedostataka, odnosno povećanje efekta zaštite na radu po osnovi prioriteta u sprovođenju prikazana je u tablici 3.

U prvom stepenu prioriteta nalaze se tipska rešenja zaštite čijom primenom se umanjuju rizici od kolektivnog i pojedinačnog povredivanja radnika i delovanja profesionalnih štetnosti višeg stepena ugroženosti. U najvećem broju ova rešenja imaju tretman stalnih aktivnosti u delokrugu pogonskih službi održavanja.

U prvom stepenu prioriteta nalazi se više tehničkih rešenja koja imaju karakter ugradnje nove namenske

opreme ili rekonstrukciju postojeće. Zahteva se fazni rad uz prethodnu izradu tehničke dokumentacije, zatim nabavka opreme i izvođački radovi. Ta rešenja se najviše odnose na stvaranje nephodnih uslova za efikasno gашenje požara i efikasnu zaštitu od delovanja hemijskih i fizičkih štetnosti. Kod profesionalnih štetnosti u prvi stepen prioriteta uključena su tehnička rešenja kojima se rešavaju problemi visokog stepena ugroženosti, pre svega od agresivne prašine, otrovnih gasova i nepovoljnih klimatskih uslova.

U drugom stepenu prioriteta nalaze se rešenja zaštite, koja pripadaju radovima tekućeg održavanja, a čija realizacija se vremenski može pomeriti zbog nešto manjeg rizika od mogućih posledica. U oblasti havarnih situacija predviđeno je ispitivanje uslova nastajanja eksplozivne smeše u objektima potencijalno ugroženim od zapaljivih i eksplozivnih gasova i prašine kao podloga za eventualno dalje sprovođenje mera zaštite. Predviđena su i tehnička rešenja za zaštitu od profesionalnih štetnosti nižeg stepena ugroženosti. U ovaj stepen prioriteta uključene su mere preventivne zaštite kao što su kontrolna i atestaciona ispitivanja, primena ličnih zaštitnih sredstava, kao i uputstva za rad i održavanje rudarskih mašina.

Trećim stepenom prioriteta obuhvaćena su tehnička rešenja za rekonstrukciju postojeće ili perspektivnu ugradnju nove namenske opreme čija primena je uslovljena daljim dopunskim ispitivanjima za dokazivanje stepena rizika i karaktera primene konkretnih rešenja

zaštite od profesionalnih štetnosti (prašina, buka, vibracije, osvetljenost).

Na osnovu izvršenog razvrstavanja predloženih tehničkih rešenja po prioritetu sprovođenja stručne službe rudnika mogu izraditi detaljnu dinamiku realizacije predloženog programa.

Izražena fluktuacija većine konstatovanih nedostataka praktično ukazuje na stalnu aktuelnost primene odgovarajućih mera za njihovo otklanjanje, ali adekvatnija primena ubuduće trebalo bi da doprinese znatnom smanjenju broja aktuelnih rešenja u opticaju, u poređenju sa sadašnjim stanjem.

Zbog velikog broja poslova koji imaju tretman preventivne i ugradnje raspored njihove realizacije trebalo bi da bude u funkciji objektivnih organizacionih i materijalnih mogućnosti preduzeća.

Uzimajući u obzir vremensku distancu, koju uslovjavaju poslovi najvišeg prioriteta, realizacija poslova II i III stepena prioriteta došla bi nešto kasnije u postupak realizacije. Prema njima bi trebalo imati aktivan odnos i otpočeti s realizacijom čim se ukaže objektivna mogućnost.

ZAKLJUČAK

Izvršena ispitivanja su omogućila da se koncept aktivnosti za poboljšanje stanja zaštite na radu postavi na principu postepenog zavodenja predloženih rešenja, što podrazumeva da se posle završene ugradnje u dužem vremenu, kontinualno prati mogućnost održavanja radnih karakteristika opreme u konkretnim pogonskim uslovima i na taj način utvrde stvarni efekti zaštite.

Kriterijum za procenu ostvarenih efekata zaštite bazira se na sledećim postavkama:

- sanacija najugroženijih područja u tehnološkom procesu,
- smanjenje ugroženosti što većeg broja radnika,
- mogućnost brzog efikasnog sprovođenja mera zaštite.

Za organizovano i kontinualno praćenja efekata zaštite predlažu se sledeći pokazatelji:

- smanjenja broja nedostataka primenjene zaštite,
- smanjenje faktora prekoračenja dozvoljenih normi kod hemijskih i fizičkih štetnosti,
- Smanjenje broja ugroženih radnika

Za utvrđivanje i prezentaciju ovih pokazatelja trebalo bi da posluže informacije koje se dobijaju obavljanjem sledećih aktivnosti: Ispitivanja pri zavodenju konkretnog tehničkog rešenja; periodična ispitivanja radne sredine; periodična ispitivanja oruđa za rad; i redovni pregledi stanja zaštite.

Utvrđivanje efekata zaštite kod zavodenja tehničkih rešenja su namenskog karaktera. U svakom konkretnom

slučaju određuju se karakteristični pokazatelji i način ispitivanja.

Konsekventno praćenje navedenih aktivnosti, pored kontrole ostvarenih efekata zaštite, otvara perspektivu za uspostavljanje režima upravljanja sistemom zaštite za daljim pozitivnim efektima u radnoj i životnoj sredini.

SUMMARY

NEW WAYS TO ENHANCE THE EFFECTS OF LABOUR PROTECTION IN "KOLUBARA" OPEN PIT MINES

The state-of-the-art technology of bulk lignite mining is actually carried out in enhanced working conditions, but there are still numerous potential dangers and harmful effects which could endanger the physiological, biological and emotional functions of workers.

New ways and procedures intended to improve the effects of labour protection are based on the results obtained by investigating the actual conditions. These results were published in one of the previous papers [1].

This advanced methodology is illustrated on the example of "Kolubara" open pit mines. Namely, based on the assessment of the actual, existing condition, adequate solutions were chosen in order to introduce certain corrective measures, to establish the priorities and to determine the program according to which they should be carried out. Future activities foresee gradual introduction of suggested solutions which could enable continuous monitoring of equipment operating features and the assessment real effects of applied protective measures.

LITERATURA

1. Ivanović V., Koprivica O., Elezović V., 1995: Prikaz stanja zaštite na radu na površinskim kopovima "Kolubara", Rudarski glasnik br. 1-2.
2. Ivanović V., 1990: Kontinualno praćenje stanja zaštite i efekata primenjene zaštite na površinskim kopovima, IX Jugoslovenski simpozijum o zaštiti na radu RGM, Herceg Novi.
3. Golovin V. S., 1990: Ergonomika gornorudnovo oborudovanja, Moskva.

AUTORI

Mr Vladimir Ivanović, dipl. ing. rud.
Mr Obren Koprivica, dipl. ing. rud.
Mr Vasa Elezović, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

Propisi o merenjima suspendovanih čestica u životnoj sredini ne predviđaju analizu na sadržaj slobodnog silicijumdioksida (SiO_2). Na površinskim kopovima uglja u čijoj sredini se nalaze velike količine SiO_2 , kako u uglju, tako i u pratećim slojevima (otkrivka), vrši se obavezna analiza uzoraka prašine u radnoj okolini na sadržaj slobodnog SiO_2 (kvarc). Suspendovane čestice kvarca vetrom bivaju odnešene u okolna naselja. Poznato je da je kvarc alveolne veličine opasan po zdravlje radnika u rudarskim pogonima, pa je logično da se postavi pitanje njegovog štetnog delovanja u životnoj sredini. U radu su prikazani rezultati ispitivanja sadržaja kvarca iz uzorka prašine dobijenih merenjem imisija u nastanjenim područjima u blizini površinskih kopova "Kostolac". Utvrđena je velika zaступljenost ove komponente u imisiji suspendovanih čestica u životnoj sredini, koja proporcionalno odgovara njenom sadržaju u radnoj okolini.

UDK:622.872:616.24-003.6:532.582-037.51(257)

Stručni rad

Finansira Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije*

UVOD

SADRŽAJ SLOBODNOG SILICIJUM DIOKSIDA U IMISIJI SUSPENDOVANIH ČESTICA U NASTANJENIM PODRUČJIMA

M. Ivanović
V. Ivanović
D. Stajević

* Ovaj članak je rezultat rada autora na projektu osnovnih istraživanja, "Istraživanje novih tehnologija i metoda eksploatacije, opreme i upravljačkih sistema, u cilju racionalnog iskorišćenja energetskih mineralnih sirovina" (08M07).

U rudarstvu prašina je najrasprostranjenija profesionalna štetnost. Sa gledišta profesionalne patologije najbitniju posledicu udisanja kvarcne prašine predstavlja silikoza, specifično i veoma opasno oboljenje pluća. Prelaskom sa jamske na površinsku eksploataciju uglja ta opasnost se smanjuje, ali zato postaju ugrožena u većoj ili manjoj meri okolna naselja.

Silikoza nastaje kao posledica uticaja kumulativnog sadržaja čestica slobodnog silicijum dioksida (kvarca) u alveolama pluća. Alveolarna površina kvarca se ne može izbaciti iz organizma, što znači da trajno ostaje u plućima.

Za razvoj silikoze, osnovni pokazatelj opasnosti je sumarna izloženost površini, koja se može odrediti pomoću modela (1):

$$I = \sum (k \cdot t \cdot a)$$

k - koncentracija prašine

t - vreme izloženosti

a - sadržaj štetne komponente (kvarce)

Nameru da se ovim radom ukaže na prašinu slobodnog SiO_2 kao komponentu aerozagadjenja u životnoj sredini, koja, inače nije evidentirana kao zagadjujuća materija u Pravilniku o graničnim vrednostima i metodama merenja imisija (Službeni glasnik RS, broj 54, 1992.g.)

METODOLOGIJA ISPITIVANJA

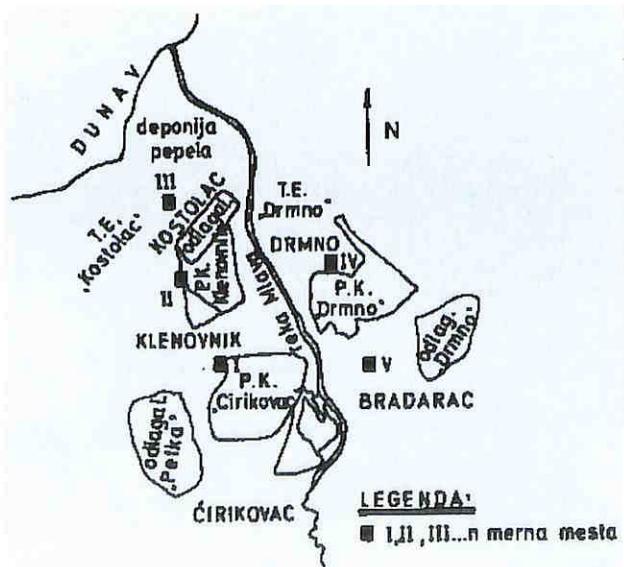
Imisije suspendovanih čestica su merena u okviru studije ispitivanja nepovoljnih činilaca na životnu sredinu u okolini Površinskih kopova "Kostolac" [5]. Merenja su obavljena više dana u godini, pri čemu su obuhvaćena sva četiri godišnja doba. Lokacije pet mernih mesta označene su na slici (1).

Uzimanje uzoraka vazduha za određivanje imisije suspendovanih čestica na mernim stanicama vršeno je na visini 1,5 m od tla. Primjenjena je gravimetrijska metoda merenja i gravimetrijski uzorkovač sa protokom vazduha 0,1 m³/min. Vreme uzorkovanja iznosilo je 24 h. Za izdvajanje disperzne faze iz vazduha korišćeni su filteri od staklenog vlakna 13.400, Sartorius.

Iz ukupnog broja uzoraka prašine (11 uzorka) dobijenih merenjem imisije za svaku mernu stanicu formiran je po jedan uzorak - reprezent za određivanje zasržaja slobodnog SiO₂. Analiza slobodnog SiO₂ uradena je rendgenskom difrakcijom uzorka površine na membranskom filteru [2].

REZULTATI ISPITIVANJA

Izvori zagadivanja vazduha okolnih naselja, na posmatranoj mreži sa pet mernih stanicama, su površinski kopovi "Drmno", "Ćirikovac" i "Klenovnik" sa odlagalištima jalovine. U blizini su i termoelektrane "Drmno" i "Kostolac". Njihov selektivan uticaj po intezitetu i kvalitetu, odnosno opasnoj "dozi" kvarcne površine za sada nije poznat.



Slika 1. Šematski prikaz površinskih kopova "Kostolac" sa rasporedom mernih tačaka

U tabeli 1. prikazani su rezultati ispitivanja suspendovanih čestica i odgovarajući sadržaj slobodnog SiO₂ u imisijama na posmatranih pet mernih stanica.

U tabeli 2. prikazani su rezultati ispitivanja koncentracije lebdeće prašine u radnim okolinama na površinskim kopovima "Drmno" i "Ćirikovac" [4]. Date su srednje vrednosti iz skupa podataka za radne okoline kontinualnih sistema otkopavanja jalovine i uglja.

Merne čestice	Koncentracija µg/m ³	Sadržaj slobodnog SiO ₂ (%)	
Klenovnik	srednja maks. min.	115 186 22	27
Ćirikovac	srednja maks. min.	91 193 46	19
Kostolac (PRIM)	srednja maks. min.	129 170 46	17
Drmno	srednja maks. min.	121 286 20	14
Bradarac	srednja maks. min.	111 154 27	12

Tabela 1. Imisije suspendovanih čestica i sadržaj slobodnog SiO₂ u imisijama nastanjenih područja blizu površinskih kopova "Kostolac"

Radni prostor	Koncentracija mg/m ³	Sadržaj slobodnog SiO ₂ (%)
Kontinualni sistemi otkopavanja jalovine	1.40	21
Kontinualni sistemi otkopavanja uglja	1.50	8

Tabela 2.
Koncentracije suspendovanih čestica u radnim okolinama na površinskim kopovima "Kostolac"

Srednje vrednosti imisije suspendovanih čestica na posmatranim mernim stanicama su raspoređene oko granične vrednosti 120 µg/m³. Učešće kvarca u ukupnoj količini prašine je veliko, s obzirom na njegova agresivna svojstva, ali je po mernim stanicama raspoređen u širokom dijapazonu (12-27%). Uzimajući u obzir prethodnu konstataciju, da je sumarna isloženost prašini u funkciji sadržaja kvarca u imisiji, to znači da bi se povećanjem količine kvarca trebalo da se smanjuje granična vrednost imisije suspendovanih čestica.

Taj princip se primenjuje u standardima za maksimalno dozvoljene koncentracije (MDK) u radnoj sredini. Tako, na primer, prema JUS Z.BO.001, MDK za lebde-

ču prašinu na jalovskim sistemima posmatranih površinskih kopova je dva puta manja u poređenju sa ugljenim sistemima, i to zbog različitih vrednosti sadržaja slobodnog SiO_2 u prašini.

ZAKLJUČAK

Ispitivanja su pokazala da učešće slobodnog SiO_2 kao komponente aerozagadenja živorne sredine u blizini posmatranog industrijskog kompleksa proporcionalno odgovara njegovom sadržaju u vazduhu radnih okolina.

Osobina površine kvarca, da se ne rastvara fermentima čovečjeg organizma, već da se vremenom nagomilava u alveolama pluća, ukazuje na potrebu vršenja analize suspendovanih čestica na njegov sadržaj.

Štetan uticaj prašine nije trenutan već se izražava ukupnom količinom unetom u organizam, i posledice se mogu pojaviti tek posle više godina, a zbog čega se možda postavlja pitanje tretmana silikoze i to ne samo sa gledišta profesionalne patologije.

SUMMARY

FREE SILICON DIOXIDE CONENT IN PARTICLES EMISSION IN URBAN AREAS

The regulations relative to measurements of suspended particles in the environment do not include the analysis of free silicon dioxide content (SiO_2). In open pit coal mines large quantities of free SiO_2 are always present both in coal and overburden layers and it is indispensable to perform thorough analyses of its (quartz) content on dust samples. These samples should be taken from the entire working environment, as to obtain a complete insight into the situation. It is well known that quartz in alveolar size has a harmful effect on the health of the workers and consequently on the environment itself. Hereon, the authors present the results of quartz content investigation on dust samples obtained measuring this toxic emission in urban areas located in the proximity of open pit coal mines "Kostolac". Large quantities of this component are found in the emission of suspended particles in the environment which corresponds proportionally to its content in the working environment.

LITERATURA

1. Bruer H., M.T.R. Reisner: The Relationship Between Dust Exposure and Simple Pneumoconiosis and influence of the Assessment Period on the Frequency of Dust Limits Being Exceeded. Silikosebericht Nordhein - Westfalen, Band 15, 1985.
2. M. Ivanović: Važnost određivanja sastava prašinom zaganjenog vazduha sa posebnim osvrtom na najopasniju komponentu, slobodan SiO_2 , IV jugoslovenski simpozijum zaštite na radu u rudarstvu, geologiji i metalurgiji, Struga 17-20. maja 1977.g.
3. Rashe B., Hochstrasser K., Elastase und Elastase inhibitoren in Bronchiolsleim bei chronicher Atemwegsobstruktion unter Berücksichtigung der Therapie. prox. Klin. Penumol. 37 (1983) 725-727. Georg Thieme Verlag Stuttgart - New York.
4. D. Urošević, O. Koprivica, M. Sovrlić i dr.: Periodična merenja hemijsko-fizičkih štetnosti u radnim sredinama pogona površinskog otkopa "Drmno" (zimski i letnji period), Rudarski institut Beograd 1990.g.
5. V. Ivanović, D. Stajević, N. Jevtić, Lj. Belović: Studija ispitivanja činioca na životnu sredinu u okolini površinskih kopova "Kostolac", Rudarski institut 1996. g.

AUTORI

M. Ivanović, dipl. ing. rud.
Mr V. Ivanović, dipl. ing. rud.
D. Stajević, dipl. ing. rud.
Rudarski institut – Beograd

Članak obuhvata analizu, vrste i stepena zagađenosti vazduha u životnoj okolini pod uticajem površinskih kopova "Kostolac" i termoelektrana "Drmno" i "Kostolac" u vremenskom periodu 1995-96. g. Utvrđeni su pojedinačni uticaji posmatranih polutanata emitovanih sa ovih objekata na životnu sredinu. Predloženo je povećanje broja mernih stanica u postojećoj mernoj mreži za bolju interpretaciju rasprostiranja aerozagađenja kod budućih merenja.

UVOD

Eksplotacijom uglja sa površinskih kopova "Kostolac" dolazi do izdvajanja štetnih materija u atmosferu. U neposrednoj okolini ležišta uglja izgradene su termoelektrane "Kostolac" i "Drmno", čime se dodatno utiče na pogoršanje kvaliteta vazduha u okolini.

Osnovni gasovi koji nastaju iz gore navedenih izvora su: sumpordioksid (SO_2), azotni oksidi (NO_x), ugljen-monoksid (CO) i ugljendioksid (CO_2). Pored ovih, gasovitim zagađivača, prisutni su čađ i suspendovane čestice kao čvrsti zagađivači. U pogledu štetnog dejstva proizvoda sagorevanja goriva na biološki svet, ističu se okcidi sumpora i azota. [1]

PRIKUPLJANJE I PRIKAZ PODATAKA

U skladu sa utvrđenim programom rada postavljeno je pet stacionarnih mernih stanica za dugotrajno uzorkovanje SO_2 , čađi, suspendovanih čestica i taložnih materijala. Lokacije mernih stanica su: PK "Ćirikovac", PK "Klenovnik", PRIM (Proizvodnja, remont i montaža), Drmno i Bradarac. Na ovim stanicama uzimaju se uzorci u četiri perioda (leto, jesen, zima i proleće), u trajanju od 14 dana. Raspored stacionarnih mernih stanica dat je u situacionoj karti na slici 1.

Uzorkovanje i analiza polutanata radeni su prema odgovarajućim standardima datim u Pravilniku o ograničenim vrednostima, metodama meranja imisije, kriterijuma za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka: koji je objavljen u "Službenom glasniku RS", br. 66/91. Prema ovom Pravilniku SO_2 se određuje acidimetrijski (vodonik peroksid metodom), čađ, reflektometrijski suspendovane čestice gravimetrijski, ukupne taložne materije metodom sedimentacije.

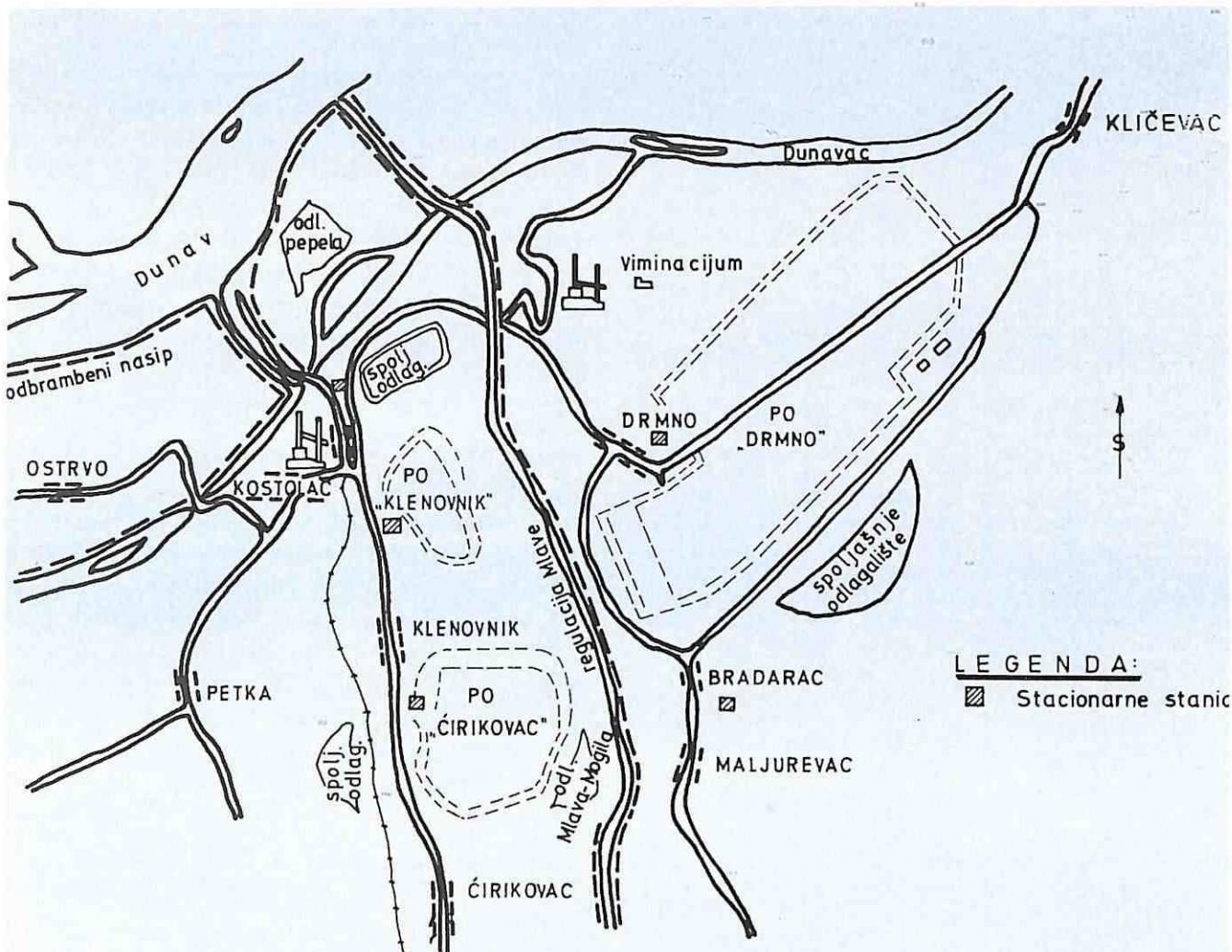
U tablici 1. dat je prilaz svih podataka koncentracija za SO_2 , čađ i suspendovane čestice na stacionarnim stanicama za sva četiri godišnja doba, a njihova grafička obrada dijagramima 1-5. U tablici 2. dati su podaci srednjih mesečnih koncentracija ukupnih taložnih materija na stacionarnim stanicama po periodima. [2]

UDK: 504.3.054:622.271:622.333

Stručni rad

ANALIZA STANJA ZAGAĐENOSTI VAZDUHA U OKOLINI KOSTOLCA

Nevenka Jevtić



Slika 1. Situaciona karta površinskih kopova "Kostolac" sa rasporedom mernih tačaka

ANALIZA STANJA ZAGAĐENOSTI

Prilikom izvođenja rudarskih radova na kopovima se izdvajaju relativno male količine gasovitih polutana-ta i čadi, pa se može zaključiti da SO_2 i čad konstatovane na stacionarnim stanicama verovatno potiču iz okolnih termoelektrana. Treba napomenuti da doprinos daju i lokalni izvori zagađenja.

Analizom podataka SO_2 i čadi prikazanih na dijagramima 1-5 vidi se da je veoma mali procenat njihovih prekoračenja GVI. Najbolja situacija je na mernom stanici u Bradarcu, gde prekoračenja uopšte nisu zabeležena.

S obzirom da koncentracije polutanata zavise, osim od kapaciteta termoelektrana i radova na kopovima, i od meteoroloških i klimatskih faktora [3], vršeno je njihovo merenje. Suspendovane čestice predstavljaju najveći zagađivač, pa se na osnovu tablice 1.1 i slike 1. može pratiti koncentracija u zavisnosti od meteoroloških uslova, odnosno pravca i inteziteta vetra. Tako, u let-

njem periodu, prilikom prvog merenja, sve vrednosti koncentracija su bliske i kreću se oko GVI, osim u Drmn, čija koncentracija dosta prekoračuje graničnu vrednost. Ovo se može protumačiti time što je u tom periodu duvao jugoistočni vetar, pa pošto je stanica i Drmnu pod najdirektnijim uticajem kopa, to se odrazilo na koncentraciju suspendovanih čestica. Drugo merenje u ovom periodu, kada je takođe duvao jugoistočni vetar, ali slabijeg inteziteta, pokazuje da su vrednosti koncentracija ispod GVI, osim u Drmnu. U jesenjem, zimskom i prolećnom periodu kada su vršena merenja duvao je vetar slabog inteziteta, pa pošto koncentracije najviše zavise od rada termoelektrana i lokalnih izvora zagađenja (domaćinstva), vrednosti u jesenjem i zimskom periodu u priličnoj meri prekoračuju GVI, dok u proleće ne prekoračuju graničnu vrednost.

Analizom podataka ukupnih taložnih materija može se primetiti da se vrednosti koncentracija uglavnom kreću u granicama GVI.

N. Jevtić: ANALIZA STANJA ZAGAĐENOSTI VAZDUHA ...

Period	Datum	Čirikovac			Klenovnik			PRIM			Drmno			Bradarac		
		SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.
L E T O	26.09.95.			109.3			132.8*			117.0			286.6*	5.6	4.3	141.2*
	27.09.95.	19.8	10.2		8.1	11.3		8.9	22.6		35.5	13.3		5.6	6.4	
	28.09.95.	9.9	12.4		16.2	14.8		8.9	3.4		26.7	19.0		5.6	8.5	
	29.09.95.	19.8	10.2		0.0	12.4		0.0	11.2		0.0	16.6		0.0	6.4	
	30.09.95.	4.9	10.2		0.0	21.1		17.8	22.6		0.0	23.9		0.0	4.3	
	01.10.95.	4.9	17.2		8.1	19.7		17.8	30.6		8.9	33.5		5.6	6.4	
	02.10.95.	9.9	12.4		0.0	25.1		0.0	25.2		8.9	27.8		0.0	8.5	
	03.10.95.	4.9	10.2		12.1	22.4		4.0	3.4		17.8	25.2				
	04.10.95.	0.0	14.8	102.3	0.0	25.2	60.1			100.7			143.0*	0.0	4.3	85.0
	05.10.95.	4.9	14.8		4.0	53.3*		0.0	13.3		26.7	11.2		0.0	4.3	
	06.10.95.	4.9	17.2		4.0	22.6		0.0	30.6		44.4	17.8		0.0	4.3	
	07.10.95.	0.0	25.1		4.0	23.9		0.0	30.6		35.5	15.5		5.6	6.4	
J E S E N	08.10.95.	0.0	40.5		0.0	21.4		26.7	69.2*		40.0	27.8		5.6	11.4	
	09.10.95.	9.9	59.2*		0.0	27.8		22.2	39.6		44.4	42.8		0.0	6.4	
	10.10.95.	14.8	66.9*		0.0	42.6		0.0	30.6		0.0	22.6		0.0	11.4	
	11.10.95.							0.0	3.4		40.0	11.2				
	15.11.95.	19.8	5.7	185.8*			84.8			133.3*			176.0*	18.3	31.5	115.5
	16.11.95.	14.8	1.9		52.5	8.3		26.6	25.2		69.3	1.7		23.5	2.1	
	17.11.95.	14.8	9.5		137.4	8.3		44.4	8.5		75.6	15.5		19.8	19.4	
	18.11.95.	0.0	14.8		40.0	11.0		71.1	8.5		63.1	10.2		27.7	28.3	
	19.11.95.	9.9	22.4		36.4	8.3		57.8	13.3		101.3	21.4		31.2	11.4	
	20.11.95.	9.9	34.0		60.6	10.2		40.0	20.2		100.4	6.8		26.8	34.8	
	21.11.95.	19.8	23.8		91.3	12.1		48.9	33.5		73.8	11.2		24.2	19.4	

Period	Datum	Čirikovac			Klenovnik			PRIM			Drmno			Bradarac			
		SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	
J E S E N	22.11.95.				40.4	16.1		31.1	36.5		0.0	9.1		232.6*	25.1	4.3	147.2*
	12.12.95.	27.6	13.6	95.2	121.2	18.3	49.1			170.0*							
	13.12.95.	30.6	18.5		121.2	16.1		15.1	11.2		22.2	3.4		29.6	4.3		
	14.12.95.	9.8	25.1		168.9*	13.1		88.9	39.6		46.2	9.1		38.4	25.2		
	15.12.95.	14.8	21.1		95.4	8.3		11.6	42.8		51.6	5.1		22.5	31.5		
	16.12.95.	11.8	17.2		40.4	10.2		131.6	11.2		42.7	6.8		19.8	2.1		
	17.12.95.	19.8	26.5		48.5	18.3		177.8*	9.1		25.8	10.1		20.3	2.1		
	18.12.95.	17.8	23.8		56.6	14.1		53.3	30.6		45.3	3.4		18.7	19.4		
	19.12.95.							0.0	73.6*		43.3	8.5					
	01.02.96.							18.3	14.0	159.6*	18.5	11.9	128.6*	14.3	6.3	133.0*	
	02.02.96.			113.4				20.0	11.2		9.4	29.8		13.0	5.2		
	03.02.96.							25.6	23.8		5.3	19.0		26.2	31.4		
Z I M A	04.02.96.							25.6	32.2		22.8	8.4		29.5	48.9		
	05.02.96.							10.0	7.0		28.3	7.1		20.8	22.5		
	06.02.96.							14.6	7.0		20.2	11.9		19.2	11.3		
	07.02.96.							36.5	8.4		15.4	8.4		28.4	5.2		
	08.02.96.																
	09.02.96.																
	10.02.96.																
	11.02.96.																
	12.02.96.																
	13.02.96.																
	14.02.96.	22.8	22.4	102.2	24.9	32.2	132.0*			141.0*			200.8*			153.8*	
	15.02.96.	25.3	25.1		28.8	7.1							9.8	28.8			

Tablica 1. Rezultati merenja polutanata na stacionarnim mernim stanicama u periodu 1995–1996.god.

ZAKLJUČAK

Od svih zagadivača koji se emituju sa površinskih kopova i termoelektrana, najveću opasnost po kvalitet vazduha predstavljaju suspendovane čestice, što se vidi iz tablice 1., gde su koncentracije suspendovanih čestica bile povećane naročito u jesenjem i zimskom periodu.

S obzirom da su u posmatranoj mreži mernih stаница registrovani polutanti (SO₂ i čadj) koji verovatno potiču iz okolnih termoelektrana, bilo bi interesantno da se

kod budućih merenja predviđi i uporedno merenje imisije NO_x.

Pošto u samom gradu Kostolcu do sada nije vršeno merenje aerozagadenosti trebalo bi oformiti barem još jednu stacioniranu stanicu koja bi ušla u sastav dosadašnje mreže mernih stanica.

SUMMARY

AIR TOXICS ASSESSMENT IN THE SURROUNDINGS OF THE TOWN KOSTOLAC

Period	Datum	Čirikovac			Klenovnik			PRIM			Drmno			Bradarac		
		SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.	SO ₂	Čadj	Susp. čest.
Z	16.02.96.	19.7	37.2		35.7	20.3								10.1	12.6	
	17.02.96.	10.9	51.3*		37.4	21.4								19.6	17.5	
	18.02.96.	14.6	40.5		25.2	15.7								15.2	8.8	
	19.02.96.	14.6	19.7		20.8	9.6								13.0	8.8	
I	20.02.96.	23.4	22.4		17.6	15.5								10.8	12.6	
	21.02.96.				9.4	21.4		14.6	5.6					19.3	12.2	
M	22.02.96.				9.4	11.9		22.0	14.0							
	23.02.96.				12.5	12.1		25.6	14.0							
	24.02.96.				17.6	15.1		22.0	5.6							
	25.02.96.				20.8	8.3		14.6	5.6							
A	26.02.96.				15.3	8.3		36.5	5.6							
	27.02.96.				18.9	9.5		18.3	11.2							
	28.02.96.															
	19.06.96.	35.5	22.8	79.4	12.4	3.5	41.4	41.8	2.0	48.4	10.1	3.5	36.7	11.5	1.0	27.4
P	20.06.96.	40.0	11.6	131.6*	13.6	11.0	19.6	94.1	2.5	77.4	10.8	2.0	58.4	11.7	10.5	91.8
	21.06.96.	88.8	12.5	88.4	13.6	10.3	76.4	52.2	11.2	45.8	12.3	3.5	106.8	11.5	3.5	97.4
	22.06.96.	16.2	25.1		12.7	11.6		15.3	8.5		9.5	3.0		11.8	10.5	
	23.06.96.	17.8	13.6		13.1	12.8		88.8	5.6		23.3	1.0		12.1	2.0	
R	24.06.96.	24.1	10.2		12.1	13.3		36.6	22.6		177.8*	2.5		88.8	12.9	
	25.06.96.	24.4	33.2		11.5	11.0		15.3	14.0		24.5	18.3		55.6	17.8	
	27.06.96.	66.7	44.4	58.6	8.9	6.8	36.7	24.2	5.0	96.4	5.2	18.8	19.6	5.6	4.3	81.4
	28.06.96.	35.5	22.8	21.8	53.3	10.9	41.0	20.2	8.3	77.0	15.7	5.2	69.4	5.6	8.1	27.4
E	29.06.96.	55.6	38.7		88.9	18.3		4.0	10.2		5.2	2.8		11.1	3.0	
	30.06.96.	77.8	28.0		8.9	15.0		12.1	6.8		10.5	1.6		8.9	9.4	

Period	Datum	Čirikovac			Klenovnik			PRIM			Drmno			Bradarac		
		SO ₂	Čadj	Susp. čest.												
01.07.96.	55.6	33.2			44.4	18.3		12.1	10.2		20.9	6.4		7.8	6.8	
	02.07.96.	24.4	22.8		8.9	10.9		20.2	12.1		31.4	5.2		5.6	8.1	
	03.07.96.	40.0	33.2		71.1	15.0		20.2	10.2		31.4	10.8		6.7	10.7	
	Broj podataka	49	49	11	56	56	11	56	56	11	49	49	11	56	56	11
Najveća vrednost		88.8	66.9	185.8	168.9	53.3	132.8	177.8	73.6	170.0	177.8	42.8	286.6	88.8	48.9	153.8
Srednja vrednost		21.4	24.4	98.9	32.8	17.4	61.2	29.8	13.4	106.1	30.7	11.9	132.6	15.7	8.3	100.1
Najmanja vrednost		0.0	1.9	21.8	0.0	3.5	19.6	0.0	2.0	45.8	0.0	1.0	19.6	0.0	1.0	27.4
G ₉₈		77.8	59.2		137.4	32.2		94.1	69.2		101.3	33.5		55.6	34.8	
GVI		150	50	120	150	50	120	150	50	120	150	50	120	150	50	120
Broj dana > GVI		0	3	2	1	1	2	1	2	4	1	0	6	0	0	4

* - Vrednosti prekoračuju GVI

Tablica 1. Rezultati merenja polutanata na stacionarnim mernim stanicama u periodu 1995–1996.god.

Period	Čirikovac	Klenovnik	PRIM	Drmno	Bradarac
Leto	129.7	145.4	171.2	112.9	185.3
Jesen	111.7	115.6	288.7		658.3*
Zima	583.4*	135.0	395.7	233.8	46.7
Proljeće		208.8	269.1	300.0	

GVI = 450 mg/(m² · dan)

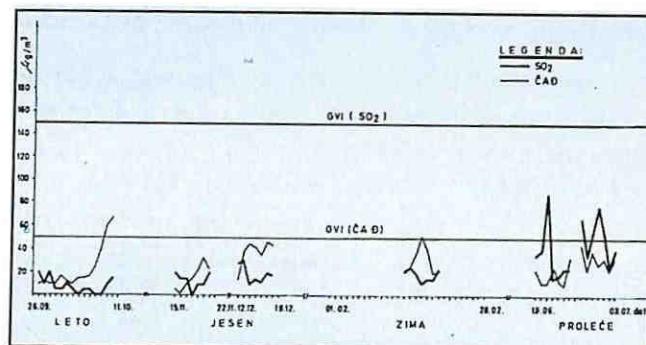
* - Vrednosti prekoračuju GVI

Tablica 2. Rezultati merenja ukupnih teložnih materija na stacionarnim stanicama u periodu 1995–96.god. u mg (m² x dan)

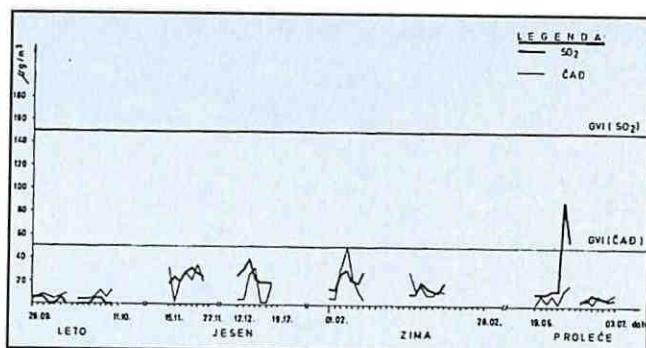
This article presents the air toxics assessment including type and degree of air pollution in the surroundings of the open pit mines "Kostolac" and coal-fired power plants "Drmno" and "Kostolac", during the period between 1995–1996.

Emissions of toxic air contaminants in this area were separately estimated and determined. Once the air pollution conditions were evaluated it was suggested to increase the number of measuring stations among the

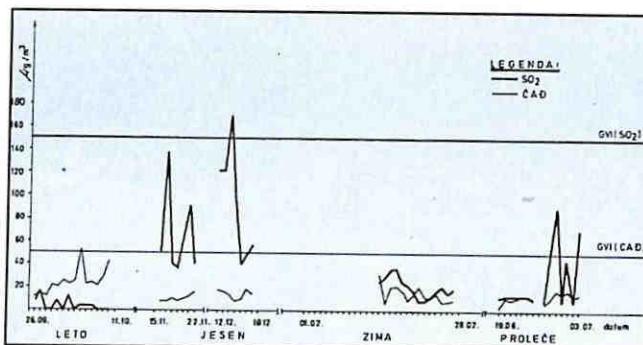
existing measuring network as to enable improved air quality control in future.



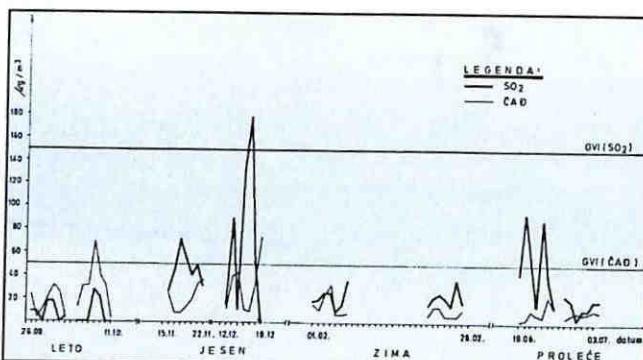
Dijagram 1. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Čirikovac



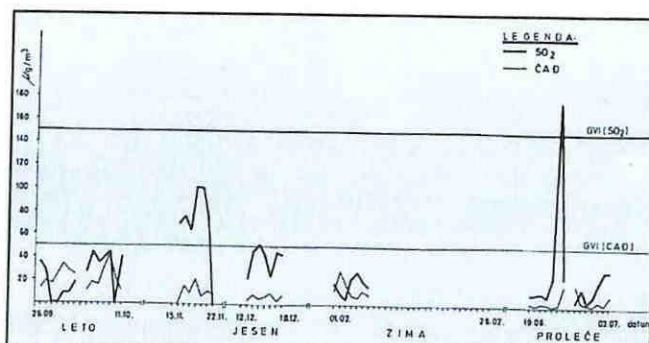
Dijagram 5. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Bradarac



Dijagram 2. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Klenovnik



Dijagram 3. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici "PRIM"



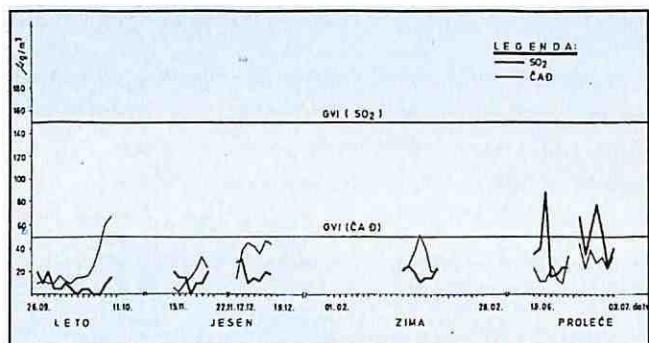
Dijagram 4. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Drmno

LITERATURA

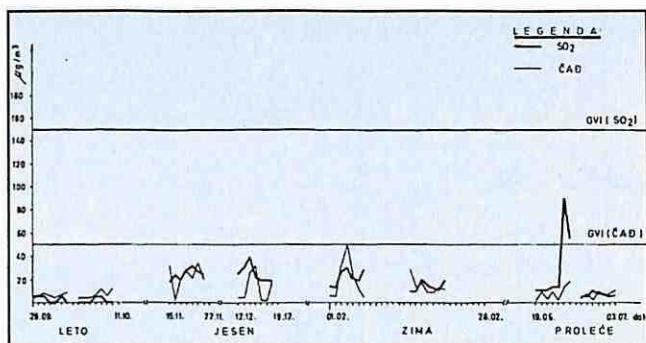
1. Valent V., Šerbenović S., Đorđević B., 1989: Termodinamika sa termotehnikom, Beograd.
2. Izveštaj o praćenju nepovoljnih činilaca na životnu sredinu u okolini površinskih kopova "Kostolac", Rudarski institut, Beograd, 1996.
3. Izrael Ju. A., Burgasov P. N., 1979: Rukovodstvo po kontrolju zagražnjenja atmosfери, Leningrad, Gidrometeoizdat.

AUTOR

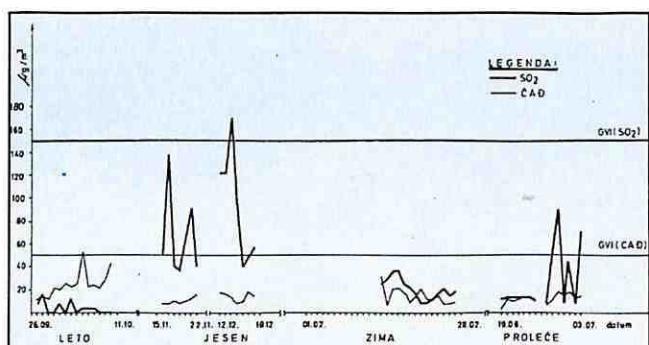
Nevenka Jevtić, dipl. ing. tehn.
Rudarski institut – Beograd



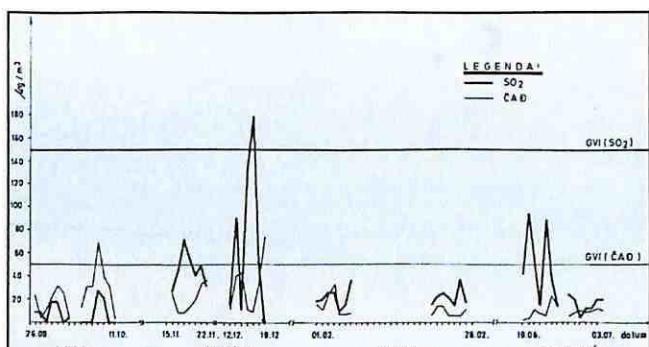
Dijagram 1. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Čirkovac



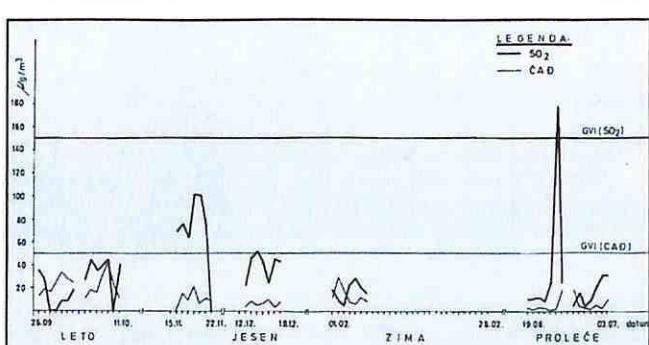
Dijagram 5. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Bradarac



Dijagram 2. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Klenovnik



Dijagram 3. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici "PRIM"



Dijagram 4. Koncentracije SO₂ i čađi na mernoj stanici Drmno

LITERATURA

1. Valent V., Šerbenović S., Đorđević B., 1989: Termodinamika sa termoteknikom, Beograd.
2. Izveštaj o praćenju nepovoljnih činilaca na životnu sredinu u okolini površinskih kopova "Kostolac", Rudarski institut, Beograd, 1996.
3. Izrael Ju. A., Burgasov P. N., 1979: Rukovodstvo po kontrolji zagrizenja atmosfere, Leningrad, Gidrometeoizdat.

AUTOR

Nevenka Jevtić, dipl. ing. tehn.
Rudarski institut – Beograd

U tehnologijama industrije i rudarstva, između ostalog, redovno se ukazuje potreba za rešavanje složenih slučajeva temeljenja razne opreme i mašina.

Čitava oblast koja tretira problematiku dinamičkih uticaja mašina i dinamičke proračune konstrukcije, dosta je komplikovana i često samo teoretski razrađena. Primenom savremenih metoda proračuna, kao i korišćenjem moderne tehnike računanja, moguće je vršiti izbor usklađivanja noseće konstrukcije, za svako konkretno statičko i dinamičko dejstvo.

Kroz ovaj primer tretira se jedan (realizovan) specijalni slučaj, kada je čitava zgrada podzemnog drobljenja-temelj drobilice, uz poseban osvrt na delimične inovacije koje je bilo neophodno uraditi.

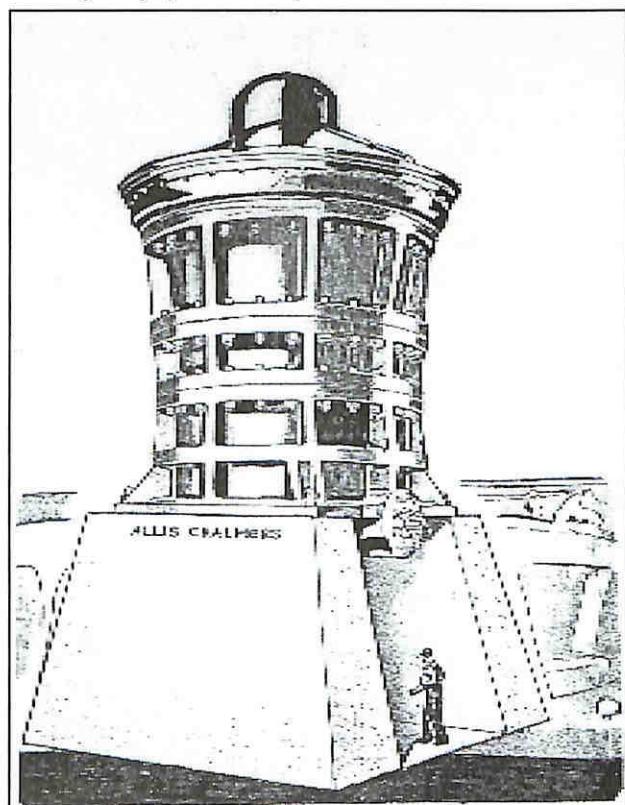
UDK: 624.001.6:622.23.05

Stručni rad

DINAMIČKI UTICAJI TEŠKIH RUDARSKIH MAŠINA NA KONSTRUKCIJE OBJEKATA

Miloš Pribićević

- Parametri, metodologija proračuna, inovacije i rezultati, kroz prikaz na primeru podzemne zgrade primarnog drobljenja flotacije Rudnika bakra "Veliki Krivelj" u Boru -



Slika 1. Izgled velike konusne drobilice i gornjeg dela temelja

UVOD

Problemi temeljenja mašina datiraju od vremena samog postanka mašina, s tim što su danas veoma raznovrsni, a što je u skladu sa razvojem i usavršavanjem tehnologije i tehnike uopšte.

Modernizacija i stalni razvoj rudarske tehnike, kao i zahtevi za ostvarivanje sve većih kapaciteta proizvod-

nje, zahtevaju i uslovjavaju i proizvodnju adekvatne opreme i mašina.

Od mašina za preradu rude, koje se smještaju u objekte (drolilice, mlinovi, klasifikatori, sita, kompresori i dr.), danas su u primeni i takve, koje po veličini, težini i dinamičkim dejstvima, predstavljaju vrlo složen problem u pogledu definisanja i izbora nosećih konstrukcija i proračuna istih. (Na slici 1, npr. vidljiv je jedan tip velike konusne drolilice i razmere veličine iste).

Uobičajena praksa je izdvajanje (dilatiranje) ovakvih konstrukcija u zasebne celine i eliminacija uticaja mašina na konstrukciju objekta, što je u suštini ispravno, ali to iz tehničko-konstruktivnih razloga često nije moguće ostvariti, već se oprema mora smestiti na konstrukciju objekta, što ovu problematiku čini znatno složenijom.

OSNOVNI UTICAJNI FAKTORI

Osnovni uticajni faktori kojima se definiše ova problematika i usmerava način rešavanja, su:

- Uslovi fundiranja i dinamičke karakteristike tla
- Vrsta mašina i statička i dinamička dejstva istih
- Sopstvene dinamičke karakteristike konstrukcije (temelja)

Pored osnovnih uslova obezbeđenja stabilnosti objekta po klasičnim normativima konstruisanja i proračuna, ovde je potrebno obezbiti još i sledeće:

- a) Usaglašavanje sopstvenih frekvencija mašine i konstrukcije
- b) Svodenje amplituda oscilacija konstrukcije u granične propisanih, sa gledišta stabilnosti, normalnog rada mašine i uslova zaštite na radu.
- c) Usaglašavanje superponirajućih statičkih i dinamičkih uticaja u cilju trajanja stabilnosti objekta

Proračun složenih konstrukcija (zgrada), zahteva primenu izvoda iz niza pojedinačnih opštih stavova teoretske problematike iz ove oblasti.

UTICAJNE KARAKTERISTIKE MAŠINA [3]

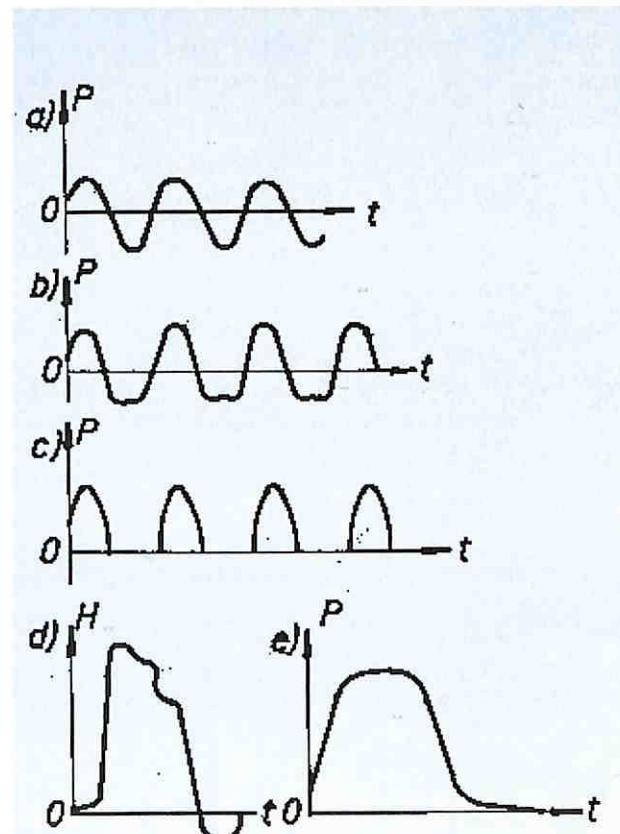
Primena mašina u rudarstvu je vrlo široka, raznovrsna i sa raznim karakteristikama. Ovde se navode samo one karakteristike i klasifikacija koje se baziraju na intezitetu vrsti i veličini frekvencija dinamičkog dejstva mašina na konstrukcije.

Prema intezitetu bitne su mašine sa nemirnim dejstvom, gde se javljaju zнатне inercijalne sile. Grafički prikaz dinamičkih dejstava mašina na noseću konstrukciju, dat je na slici 2.

- a) Mašine sa rotorima koji se ravnomerno obrću
- b) Mašina sa krivajnim mehanizmom
- c) Stresne i vibraciono-udarne mašine

- d) Mašine sa vremenskom promenom pobudnog sprega prema složenom zakonu
- e) Mašine sa dejstvom udara

U upotrebi, uopšte, su mašine sa malim brojem obrtaja (600-800 o/min) i sa velikim brojem obrtaja (800 o/min). Teške rudarske mašine (mlinovi, drolilice i sl.) spadaju u mašine sa malim brojem obrtaja, ali sa velikim dinamičkim dejstvom (slika 1).



Slika 2. Grafikon promene neuravnoteženih inercijalnih sila sa vremenom

METODOLOGIJA PRORAČUNA

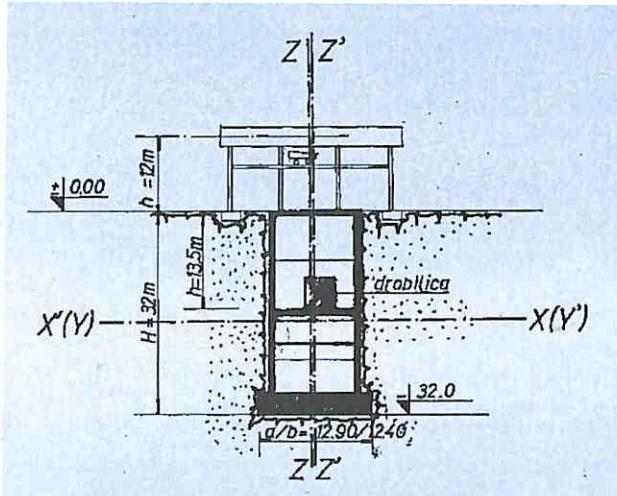
Nije pravilo, ali je realno da proračun ima odgovarajući logički red. Tokom radova na više konkretnih slučajeva, na objektima u rudnicima, ustanovljen je jedan realan postupak u radu i to:

- Definisanje parametara i podataka za mašinu
- Definisanje podataka za tlo (fundiranje)
- Definisanje elemenata noseće konstrukcije (zgrade, temelja)
- Proračun momenata inercije masa konstrukcije i mašine
- Proračun sopstvenih oscilacija konstrukcije (temelja)
- Proračun amplituda oscilacije konstrukcije (temelja)

-Utvrdivanje dodatnog opterećenja tla od dinamičkih uticaja.

Detaljan postupak i način proračuna svih elemenata sa računskim primerima za klasične temelje konusnih drobilica (i drugih drobilica) dat je u ranijim radovima autora i neće se ovde ponavljati.

Ovde se daju karakteristični elementi i fenomeni za specijalni slučaj, kada je čitava podzemna konstrukcija postrojenja - temelj drobilice, posebno u smislu uvođenja novih pojmoveva, kao što je transformacija masa elemenata konstrukcije i uticaja nadzemne hale drobljenja (slika 3, 5 i 6).



Slika 3. Konstrukcija objekta kao temelj mašine

Podaci za mašinu uzimaju se na isti način kao i kod klasičnog fundiranja na posebnom temelju i ove podatke, po pravilu, daje isporučilac mašine.

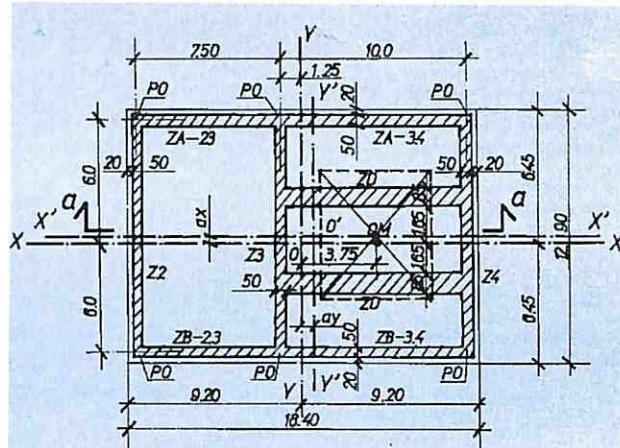
Kod uvođenja parametara za tlo, koji su takođe vrlo bitni, jer su u direktnoj vezi sa izračunavanjem sopstvenih frekvencija konstrukcije, uvedeno je (dozvoljeno) uprošćenje u smislu da se smatra da konstrukcija ima slobodno oscilovanje, iako je celom svojom visinom ukopana u tlo, što je na strani sigurnosti.

Slučaj tretiranja cele konstrukcije podzemne zgrade kao temelj drobilice, ne spada u klasične slučajeve zasebnih masivnih temelja ili temelja ramovske konstrukcije, već je to jedna vrsta kombinacije oba slučaja - u pogodnom obliku.

Smatra se da je konstrukcija masivna i da ima veliku krutost, što omogućava da se deformacije konstrukcije kao celine mogu zanemariti. Konstrukcija se smatra kao - kruto telo. Delovi iz proračuna ramovskih konstrukcija koriste se kod određivanja oscilacija lokalnih elemenata (greda, ploča), na koje se oslanja mašina.

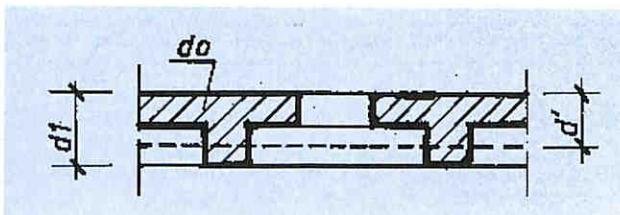
Zbog nesimetričnog položaja drobilice u odnosu na težišne ose objekata i nesimetričnosti položaja masa elemenata samoga objekta, potrebno je iznaći zajedničke

težišne ose (uključujući i masu i poličaj mašine) X-X, Y-Y, Z-Z, odnosno odstupanja a_x , a_y , a_z (slika 4).



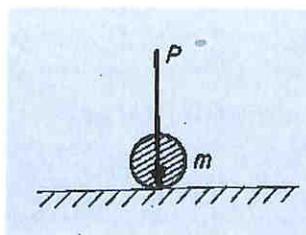
Slika 4. Zajedničke težine ose X, Y, Z

U cilju uprošćenja računa, kod proračuna momenta inercije masa elemenata konstrukcije, uveden je (od strane autora) pojam transformacija masa etaža, tako što se na jednoj etaži ove mase manjih greda i ploča transformišu u jednu novu (monolitnu ploču - fiktivne debljine d') (slika 5).



Slika 5. Transformacija masa na etažama

Takođe je uveden teoretski moguć pojam, da se uticaj masa nadzemne hale uzme kao dejstvo koncentrisanih sila na mestima oslonaca stubova, kao mase - bez dimenzija (slika 6).



Slika 6.
Uticaj stubova
nadzemne hale

Eksperimentalna ispitivanja izvršena na istom slučaju primarnog drobljenja u flotaciji u Starom Trgu u "Trepči" potvrdila su proračunske rezultate oscilacija, čime je dokazano da navedeni uvedeni pojmovi i nužna

uprošćenja ne utiču bitno na konačne rezultate i da se mogu u praksi primenjivati.

PRIKAZ NA REALIZOVANOM PRIMERU

Prikaz parametara i konačnih rezultata konkretnog primera - podzemnog objekta primarnog drobljenja rudnika bakra "Veliki Krivelj" - Bor.

PODACI ZA DROBILICU

- konusna drobilica "ALLIS CHALMERS" - SAD
- horizontalna sila koju proizvodi drobilica $H = 180 \text{ kN}$ (ukoliko ova sila nije data uz podatke za drobilicu, moguće je izračunati je iz elemenata rotirajućih masa drobilice i tehnologije drobljenja [1])
- dozvoljena amplituda oscilacija $N_M = 0,3 \mu\mu$
- dinamički koeficijent za statičko opterećenje $\varphi = 2,5$
- oslanjanje drobilice na temelj direktno (bez amortizera)

PODACI ZA TLO

Tlo na kome je fundirana temeljna stopa je - kompaktni andezit.

Moguće je iznaći koeficijente elastičnog sabijanja i smicanja tla na dva načina [3]:

a) Proporcionalnim odnosima za laboratorijski ispitani (ili literaturno dati) koeficijent elastičnog sabijanja tla (C_z) za poznato tlo

U ovom slučaju se radi o konkretnom andezitu gde je;

$$C_z = 20 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$$

- koeficijent ravnomernog sabijanja tla (laboratorijski podatak ispitivanja)

$$C_\varphi = 2C_z = 40 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$$

- koeficijent neravnomernog elastičnog sabijanja tla

$$C_x = 0,7C_z = 14 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$$

- koeficijent ravnomernog smicanja podloge

$$C_\varphi = 1,5 C_z = 21 \times 10^4 \text{ kN/m}^3$$

- koeficijent neravnomernog smicanja podloge

σ_z - dozvoljeno opterećenje tla

b) Uvođenjem proporcija temelja i karakteristik tla

$$C_z = C_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{F} \right] \cdot \sqrt{\frac{P}{P_0}}$$

$$C = C_0 \left[1 + \frac{2(a+3b)}{F} \right] \cdot \sqrt{\frac{P}{P_0}}$$

$$C_x = D_0 \left[1 + \frac{2(a+b)}{F} \right] \cdot \sqrt{\frac{P}{P_0}}$$

gde su:

a, b - dužine strana temeljne stope

F - površina temeljne stope

C_0 - koeficijent dobijen oglednim putem za razne vrste materijala za specifični pritisak od $P_0 = 0,20 \text{ daN/cm}^2$ (videti tablicu 1).

P - opterećenje tla od temeljne stope za - statičko opterećenje

KONSTRUKCIJA ZGRADE – KAO TEMELJA

Ukupna masa $Q = 56.100 \text{ kN}$

Ekscentričnost težišnih osa

$$a_x = 0,011 \text{ m} \quad (\text{vidi sliku 4})$$

$$a_y = 0,62 \text{ m} \quad (\text{vidi sliku 4})$$

$$a_z = 14,04 \text{ m} \quad (\text{visinski položaj težišta masa})$$

KARAKTERISTIKE STOPE

$$\text{Površina stope} \quad F = 237,36 \text{ m}^2$$

$$\text{Otporni momenti} \quad W_s = 510,32 \text{ m}^3$$

Kategorija	Karakteristike podloge	Naziv zemljišta	$C_0 \text{ kg/cm}^3$ (za $P_0 = 0,2 \text{ kg/cm}^2$)
I	Bez krutosti	Gline i peskovite gline žitko plastične ($B > 0,75$), glinoviti pesak žitki ($B > 1$)	0,6
II	Male krutosti	Gline i peskovite gline meko plastične ($0,5 < B > 0,75$) Glinoviti pesak plastičan ($0,5 < B \leq 1$) Plastični pesak zasićen vodom, rastresit ($B > 0,80$)	0,8 1,0 1,2
III	Srednje krutosti	Gline i peskovite gline plastične ($0,25 < B \leq 0,5$) Glinoviti pesak plastičan ($0 < B \leq 0,5$) Pesak prašinast, srednje gustoće ili gust ($B \leq 0,8$) Pesak, sitan, srednjezrni i krupni, nezavisno od vlažnosti i gustoće	2,0 1,6 1,4 1,8
IV	Kruta	Gline i peskovite gline čvrste ($B > 0$) Glinoviti pesak čvrst ($B > 0$) Drobine (krupan i sitan šljunak)	3,0 2,2 2,6

Tablica 1. Klasifikacija zemljišta kao podloge mašina

Momenti inercije

$$W_y = 727,90 \text{ m}^3$$

$$I_x = 3292 \text{ m}^4$$

$$I_y = 6697 \text{ m}^4$$

$$I_{xy} = 9989 \text{ m}^4$$

DEJSTVO DROBILICE

Krak inercijalne horizontalne slike

$$Z_H = 22,90 \text{ m}$$

Momenat inercijalne horizontalne sile

$$M_H = 4120 \text{ kNm}$$

UKUPNO NAPREZANJE TLA
(BEZ DINAMIČKIH UTICAJA)

$$\sigma_z^{(s)} = \frac{Q}{F} \pm \frac{M_x}{W_y} \pm \frac{M_y}{W_x} \pm \frac{M_H}{W_{\min}} \quad (\text{statičko opterećenje})$$

U ovom slučaju je $M_x = M_y = 0$, $W_{\min} = W_x$

MOMENTI INERCIJA MASA [1, 2, 3 i 5]

$$Q_x = \sum Q_{xi}$$

$$Q_{xi} = Q_{xi}^* + m_i + r_{xi}^2$$

$$Q_y = \sum Q_{yi}$$

$$Q_{yi} = Q_{yi}^* + m_i + r_{yi}^2$$

$$Q_z = \sum Q_{zi}$$

$$Q_{zi} = Q_{zi}^* + m_i + r_{zi}^2$$

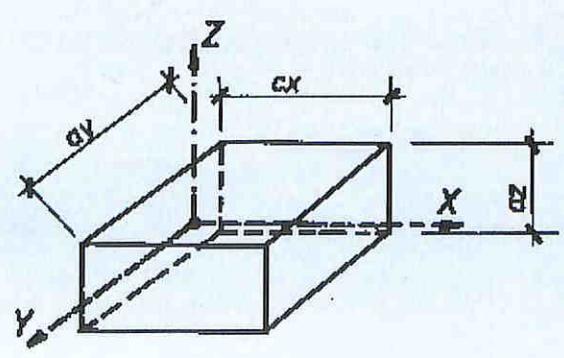
gde su:

ΣQ - ukupni momenti inercije

Q^* - sopstveni momenti inercije

m, r^2 - položajni momenti inercije

Vrednosti se izračunavaju tabelarno (Tablica 2), uz šemu "tela" pozicija za proračun (Slika 7).



Slika 7. Šema tela za proračun momenata inercije

$$Q_{xi}^* = \frac{m}{12} (a_y^2 + a_z^2)$$

$$Q_{yi}^* = \frac{m}{12} (a_x^2 + a_z^2)$$

$$Q_{zi}^* = \frac{m}{12} (a_x^2 + a_y^2)$$

Brojčane vrednosti za ovaj slučaj su:

$$Q_x = 25,30 \times 10^4 \text{ kNm sec}^2$$

$$Q_y = 26,56 \times 10^4 \text{ kNm sec}^2$$

$$Q_z = 34,48 \times 10^4 \text{ kNm sec}^2$$

Momenti inercije masa konstrukcije i opreme u odnosu na težište ose naležne površine

$$Q_{sx} = Q_x + mz^2 \quad (= 137,96 \times 10^4 \text{ kNm sec}^2)$$

$$Q_{sy} = Q_y + mz^2 \quad (= 139,29 \times 10^4 \text{ kNm sec}^2)$$

$$Q_{sz} = Q_z \quad (= 34,48 \times 10^4 \text{ kNm sec}^2)$$

Odnos vrednosti momenata inercije masa

$$\gamma_x = \frac{Q_x}{Q_{sx}} (= 0,183); \quad \gamma_y = \frac{Q_y}{Q_{sy}} (= 0,191)$$

PRORAČUN SOPSTVENIH
OSCILACIJA KONSTRUKCIJE

Ako bi se problem dinamičkog proračuna tretirao sasvim tačno, konstrukciju bi trebalo smatrati složenim sistemom koji sae sastoji iz više elastičnih, međusobno povezanih materijalnih tela (delova mašina, elemenata konstrukcije, masiva zemljišta). Za materijale mašina i konstrukcije, elastične osobine su dobro poznate, međutim, karakteristike elastičnosti su veoma promenljive, što stvara zнатне teškoće. Zbog toga, a na osnovu višestrukih ispitivanja, ustanovaljena su određena uprošćenja, koja pojednostavljaju problem, a ne utiču bitno na tačnost rezultata. Za tlo je usvojeno da je podloga elastična i bez mase, što je, opšte uzev, gruba aproksimacija, ali se pokazalo da se dobijaju rezultati bliski stvarnosti.

Može se reći da se dinamički proračun i ovako krupnih konstrukcija, svodi na problem oscilovanja krutih tela oslonjenih na elastičnu podlogu.

Poblem oscilovanja tela rastavlja se dalje na tri nezavisna pojedinačna problema (slika 8).

- Vertikalno oscilovanje
- Horizontalno i obrtno oscilovanje u ravnima xoz, yoz
- Obrtno oscilovanje oko ose oz

Pozicija	G_i (t)	a_x (M)	a_y (M)	a_z (M)	r_x (M)	r_y (M)	r_z (M)	Q^*xi	$m_i \cdot r_{xi}^2$	Q^*yi	$m_i \cdot r_{yi}^2$	Q^*zi	$m_i \cdot r_{zi}^2$
----------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	---------	----------------------	---------	----------------------	---------	----------------------

Tablica 2.

Oscilacije u vertikalnoj ravni

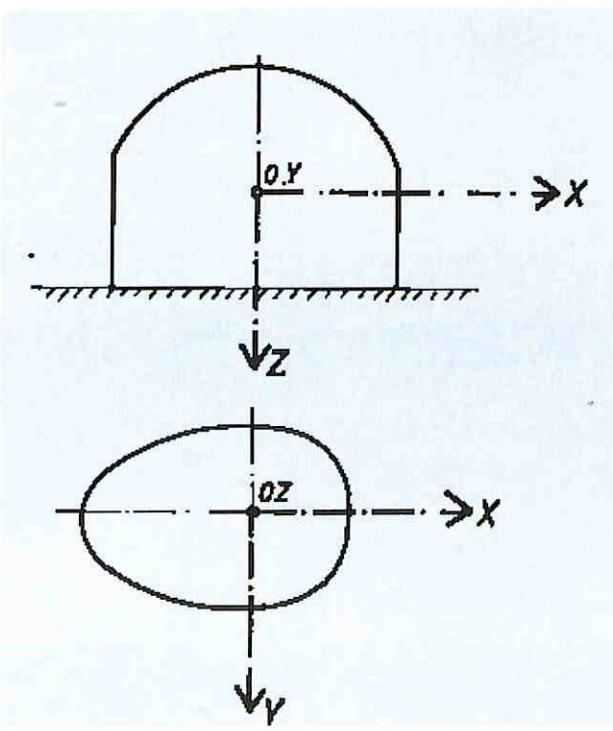
$$\lambda_z = \sqrt{\frac{C_z \cdot F}{m}} \quad (= 91,11 \text{ 1/sec})$$

$$N_z = \frac{\lambda_z}{2\pi} = \frac{\lambda_z}{0,105} \quad (= 868 \text{ 0/min})$$

Oscilacije u ravni XZ

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{C_y \cdot F}{m}} \quad (= 76,23 \text{ 1/sec})$$

$$\lambda_{ye} = \sqrt{\frac{C \cdot I_y}{Qsy}} \quad (= 43,85 \text{ 1/sec})$$



Slika 8. Osnovna šema za proračun slobodnog oscilovanja tela

Oscilovanja mogu da se izvode oko gornje i donje obrtnih tačaka. Jednačina za proračun je

$$\lambda^4 + \frac{(\lambda_y^2 + \lambda_{ye}^2)}{\gamma y} \cdot \lambda^2 + \frac{\lambda_y^2 + \lambda_{ye}^2}{\gamma y} = 0$$

Rešenje jednačine, za ovaj slučaj je:

$$\lambda_1 = 197,46 \text{ 1/sec} \rightarrow N_{1y} = 1880 \text{ o/min}$$

$$\lambda_2 = 38,93 \text{ 1/sec} \rightarrow N_{2y} = 369 \text{ o/min}$$

Položaj obrtnih tačaka se izračunava po obrascima:

$$P_{1y} = \frac{\lambda_y^2 \cdot Z}{\lambda_y^2 - \lambda_{1y}^2} \quad (= -2,46 \text{ m})$$

$$P_{2y} = \frac{\lambda_y^2 \cdot Z}{\lambda_y^2 - \lambda_{2y}^2} \quad (= 18,29 \text{ m})$$

Oscilacije u ravni XZ

$$\lambda_\varphi = \frac{C_x \cdot I_z}{Q_z} \cdot (= 78,0 \text{ 1/sec}) \rightarrow N_\varphi = 743 \text{ o/min}$$

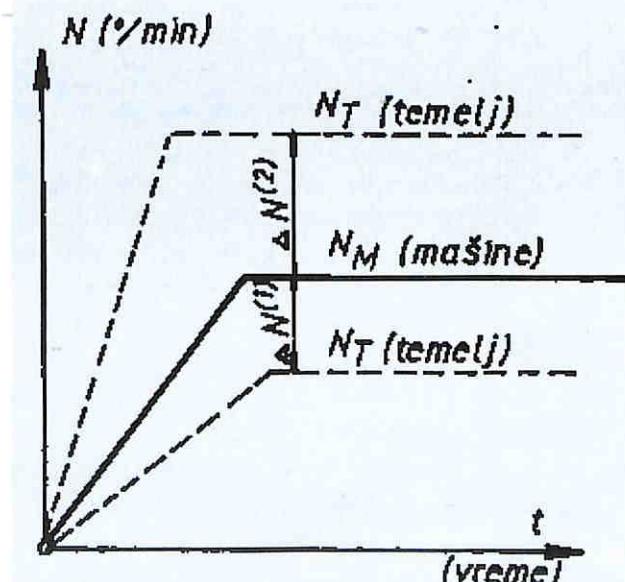
(oscilacije u ravni YZ iznalaže se po istom postupku kao za XZ)

Odnos sopstvenih oscilacija konstrukcije i mašine

$$\min \Delta N = \frac{N_{\min}}{N_M} (= 2,04)$$

$$\max \Delta N = \frac{N_{\max}}{N_M} (= 13,92)$$

Smatra se da je za usklađenje odnosa oscilacija potrebna razlika istih od $\Delta N = 25\%$ (slika 9)



Slika 9. Prikaz mogućih odnosa sopstvenih oscilacija konstrukcije mašine

PRORAČUN AMPLITUDA OSCILACIJA

Kod normalnih slučajeva oslanjanja mašine na temelj, vrednosti amplituda odnose se na oscilacije temelja u nivou stope postolja mašine.

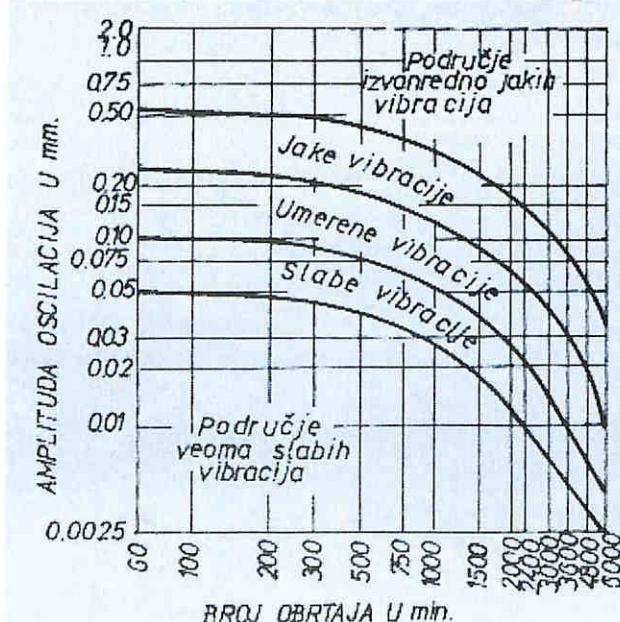
Kod ovakvog slučaja (gde je cela zgrada temelj mašine) potrebno je izračunati i oscilacije najviše etaže konstrukcije (slika 11).

Granične vrednosti amplituda oscilacija treba po pravilu da odredi isporučilac mašine, ali to najčešće nije slučaj. U ovakvim slučajevima mogu se koristit iskustvene norme, date u tablici 3. [3]

Vrsta mašina	Broj obrtaja u 1 min	A_d u mm
Mašine sa krivajnim mehanizmima	Manje od 200	0,25(0,3)
	200-400	0,2
	Preko 400	0,15
Drobilice (čeljusne i konusne)	100-400	0,3
	Manje od 500	0,2
	500-750	0,15
Električne mašine (motor gen., sinhroni, kondenz.)	Preko 750	0,1
	1500	0,07
	3000	0,04

Tablica 3

Za procenu inteziteta vibracija u odnosu na obrtaje mašina i dobijene amplitude oscilacija, postoje grafikoni više autora. [3]



Slika 10. Grafikon za procenu inteziteta vibracija (mašine sa period. dejstvom)

Amplitude oscilacije u osi Z

$$A_z = \frac{P_z}{m(\lambda_z^2 - W^2)} (= 0)$$

(Za konusne drobilice $P_z = 0$)

m - masa temelja i mašine

$\lambda_z = 91,11 \text{ 1/sec}$

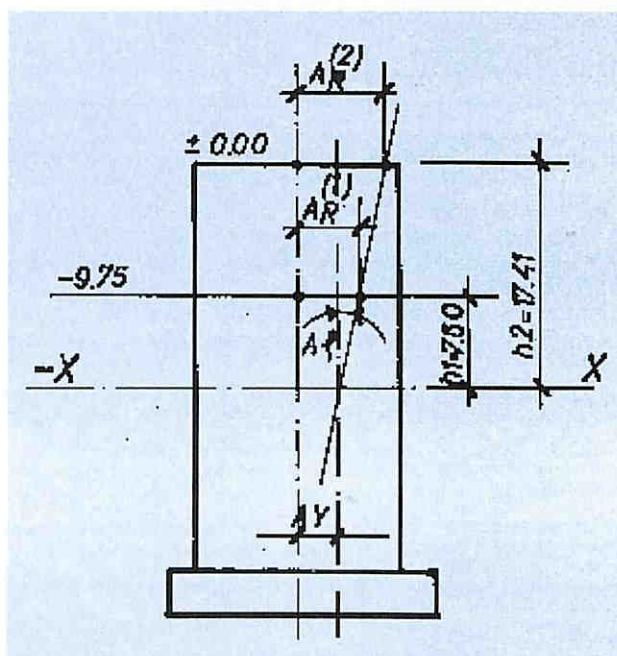
$W = 0,105 \text{ N}_M$

Amplitude oscilacija u ravni XZ (Pomeranje zajedničkog težišta pod dejstvom horizontalne sile mašine H_M)

$$A_y = \pm \frac{C_0 \cdot I_y - G \cdot Z + C_x \cdot F \cdot Z^2 - Q_y W^2}{\Delta(W_y^2)} \cdot H_M (= 0,0216 \text{ mm})$$

$$\Delta(W_y^2) = m \times Q_y (\lambda_{z_y}^2 - W^2) \times (\lambda_{z_y}^2 - W^2)$$

Rotacija u zajedničkom težištu



Slika 11. Skica uz proračun amplituda oscilacija

$$A = \pm C_s \times F \times Z \times H_M (= 0,0011 \text{ mm})$$

Ukupna amplituda od sile H_M na nivou oslonca mašine (1)

$$A_{RH}^{(1)} = A_y + h_1 \cdot A_\varphi (= 0,030 \text{ mm})$$

Na nivou ± 0.00 (2)

$$A_{RH}^{(2)} = A_y + h_2 \cdot A_\varphi (= 0,041 \text{ mm})$$

Uticaj momenta ekscentritetata:

Pomeranje zajedničkog težišta:

$$A'_y = \pm \frac{(C_x \cdot F \cdot m^2) \cdot M_y}{(W_y^2)} (= 0,0008 \text{ mm})$$

Ukupne amplitude od momenta

(1) na nivou oslonca mašine

$$A_{RM}^{(1)} = A_y + h_1 \cdot A'_\varphi (= 0,018 \text{ mm})$$

(2) na koti $\pm 0,00$

$$A_{RM}^{(2)} = A_Y + h_2 \cdot A'_\varphi (= 0,025 \text{ mm})$$

REZULTIRAĆE AMPLITUDE

(1) Na nivou oslonca mašine

$$A_R^{(1)} = A_{RH}^{(1)} + A_{RM}^{(1)} (= 0,048 \text{ mm})$$

(2) Na koti $\pm 0,00$

$$A_R^{(2)} = A_{RH}^{(2)} + A_{RM}^{(2)} (= 0,066 \text{ mm})$$

(u ravni XZ, sračunava se na isti način).

DODATAK NAPREZANJA TLA
ZA DINAMIČKI UTICAJ MAŠINE

Pored uticaja horizontalne sile mašine H_m , za konusne drobilice postoji još samo uticaj dinamičkog momenta drobilice i on iznosi:

$$M_d = \pm \mu \times C_\varepsilon \times I_x \times A_\varphi (= +363,7 \text{ kNm})$$

Dodatno naprezanje tla

$$\Delta \sigma = \frac{M_d}{W_x} (= 15,0 \text{ kN/cm}^2) \quad W_x = W_{\min}$$

Ovaj brojčani primer je proizvod ostvarenih i realizovanih primera iz rudnika "Veliki Krivelj"-Bor i "Starog Trga" Trepča, potvrđen odgovarajućim instrumentalnim ispitivanjima, "in situ". Sva ova postojanja su u funkciji više od 10 godina - bez ikakvih teškoća u smislu ove problematike.

SUMMARY

DYNAMIC EFFECT OF HEVY MINING EQUIPMENT ON THE STRUCTURE OF DIFFERENT CONSTRUCTIONS

The construction of foundations for equipment used in mining and other industrial processes is an important and complex issue.

An entirely separate field deals with the dynamic effect of machines and dynamic calculations of the structures. Due to its complexity, this problem is frequently purely theoretically treated. With the application of state-of-the-art calculation methods and techniques, it is possible to select and adapt adequate support structures for each concrete static and dynamic condition.

Through this example a specific (procured) case is presented. Namely, in this case the entire underground crushing facility is at the same time the foundation of the crushing device, hereon, focusing specially on some necessary, partial innovations.

LITERATURA

1. Major A., 1961: Berechnung und planung von Maschinenund Turbinenfundamenten, Verlag der Ungaeischen Akademie, Budapest.
2. Rausch E., 1959: Mashinenfundamente und ander dynimisch beanspruchte Baukonstruktionen, Dusseldorf.
3. Savinov O. A.: Savremene konstrukcije temelja mašina i njihov proračun
4. Obradović R., 1988: Mehanika tla u inženjerskoj praksi, Rudarski institut, Beograd.
5. Pribičević M., 1987: Konstrukcija i proračun temelja konusnih drobilica u ruderstvu, Ridarski glasnik, Rudarski institut, Beograd.
6. Pribičević M., 1987: Konstrukcija i proračun temelja čeljusnih drobilica u ruderstvu, Ridarski glasnik, Rudarski institut, Beograd.
7. Pribičević M. 1985: Dinamički proračun temelja centrifuga, na šipovima, "Izgradnja", Beograd.
8. Pribičević M., 1985: Dinamički proračun temelja kompresora ramovske konstrukcije na šipovima, "Izgradnja", Beograd
9. Literatura specijalizovane firme za dinamičke proračune konstrukcija "Escher Wiss", Ciriš, 1985.
10. Pribičević M., 1985: Sanacija temelja kompresora čekićara u Hlor-alkalnom kompleksu u Tuzli, projekti Canada, Tuzla.
11. Rezultati laboratorijskih ispitivanja parametara tla za potrebe ruderstva i rudarske opreme, Rudarski institut, Beograd, 1980-1996.

AUTOR

Miloš Pribičević, dipl. ing. građ.
Rudarski institut – Beograd

У чланку је описана могућност примене расплинутих скупова (фази скупова) код корелације геолошких чланова. Даје је фиктиван пример са шифрама одговарајућих расплинутих скупова (расплинутог скупа врсте стена, боја и фосила). На основу тих расплинутих скупова предложен је алгоритам поступка за нумерично одређивање корелације појединих чланова неке бушотине, тј. циљ поступка је добијање НУМЕРИЧКИХ вредносности корелације.

УВОД

Код повезивања геолошких чланова на основу података из бушотина геолог се суочава поред логичких проблема и са проблемима чисто манипулативне природе, који му додатно отежавају и онако отежан посао одређивања корелације међу слојевима између појединих бушотина. Наиме, бушотине су приказане на разним страницама уз доста пропратног текста, што геологу знатно отежава свеобухватно сагледавање ситуације. Без обзира што постоји и цртани профил са додатним текстом који донекле олакшава корелацију, посао је и даље мукотрпан пошто се графички приказују само неколико суштински битно различитих стена, док подврсте имају исту шрафуру (пример песковита глина и глиновит песак имају исту шрафуру). Из тог разлога, био би погодан неки апарат који би на нумерички начин исказао степен корелације између слојева и тиме олакшао рад, а уједно и убрзао посао геолога који је ипак главни арбитар код одређивања корелације слојева. За НУМЕРИЧКИ приказ степена корелације између слојева био би погодан метод расплинутих скупова који би узео у обзир ограничења која геолог даје у алгоритму и која су специфична за свако лежиште, а то значи да је алгоритам прилагођен текућем лежишту, односно сваком геолошком члану.

Када се приступи корелацији слојева на основу података из релативно ретких бушотина одмах на почетку геолог се среће, поред наведених проблема масовности података, и са додатним проблемом интерпретације појединих чланова из бушотине. Наиме, у општем случају бушење у лежишту се врши у дужем временском интервалу, а интерпретацију врши један или више геолога. Поједини геолошки чланови имају јасне, недвосмислене карактеристике, али се често у пракси срећемо са прелазним облицима, па се поставља проблем повезивања појединих елемената. Веома је тешко ус-

УДК: 550.822:510.54

Стручни рад

МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ РАСПЛИНУТИХ СКУПОВА (ФАЗИ СКУПОВА) КОД КОРЕЛАЦИЈЕ ГЕОЛОШКИХ СЛОЈЕВА

Јован С. Вујић

поставити јединствену номенклатуру за појединачне карактеристике чланова стуба, тако да се дешава да се један исти члан назове различитим именом. На пример, један исти члан би могао бити одређен и као песковита глина и као глиновити песак, или као прашина, од случаја до случаја. Тај исти слој би на мало већој удаљености могао имати мало више глине, па би могао бити окарактерисан као такав. Сличну ситуацију имамо и са фосилним садржајем који знатно варира зависно од ситуације коју имамо у појединим бушотинама. Овакав недостатак прецизности јавља се и код одређивања боје које је врло често субјективно и условљено мноштвом спољних фактора (светлост, влажност итд.).

Намеће се општи закључак да код корелације слојева из две различите бушотине не треба узети сувише строго те називе, тј. треба их схватити у ширем смислу као РАСПЛИНУТЕ СКУПОВЕ, тј. ако је репер, на пример песковита глина, у другој бушотини не искључује се могућност, да том слоју одговара глиновит песак, прашина, а можда чак и глина, али у том случају се то узима са још мањом „вероватноћом”, док се рецимо сасвим искључује да је кречњак у корелацији са репером.

Према томе редослед поступака би био следећи:

1. Шифрирање бушотина тако да се у шифри садрже битне особине на основу којих ће се вршити корелација слојева. На пример одлучили смо се на три карактеристике - врсту стене, боју и фосиле.

На основу тога, прва шифра би била Г за глину, П за песак, ГП - глину песковиту, ПГ - песак глиновит, Л - лапорац, К - кречњак, ГПЛ - глина лапоровита, итд.

Друга шифра би се односила на боју и то Ж - жут, С - сив, ЦН - црн, СЗ - сивозелен, ЗЦ - зеленосив, ЖМ - жутомрк, ЖЗ - жутозелен, Б - бео, МЗ - мркозелен, ЗМ - зеленомрк, Ц - црвен, З - зелен, ЗЖ - зеленожут, итд.

Трећа шифра би се односила на фосиле, и то Х - остракоде, ХВ - остракоде и вивипаре, ВХ - вивипаре и остракоде, ХФ - остракоде и флора ..., Б - без фосила.

2. Сходно томе дефинише се кључ за дато лежиште. Ако је бушотина укуцана у шифрованом облику ти подаци већ постоје, као и одговарајући кључ. На пример, на Сл. 1 је приказан кључ за ТЕНТ Б подлогу одлагалишта пепела за 80 пијезометара, за четири кључна параметра (врста стене - глина, песак, прашина, затим подврста стене - глиновит, песковит, ... затим боја - жута, сива, ... и додатни опис - ситнозрн, крупнозрн, масан), а на Сл. 2 је приказан изглед бушотине (пијезометра) који је изшифриран.

Г	2 01 ГЛИНА	МАЛО ПЕСКОВИТА	Б БЕО
ГМП	2 02 ГЛИНА	ПЕСКОВИТА	ЗС ЖУТОСИВ
ГП	2 03 ГЛИНА	ПРАШИНАСТА	ЗУ ЖУТ
ГР	2 04 ГЛИНА	ЈАКО ПЕСКОВИТА	З ЗЕЛЕН
ГПЈ	2 05 ГЛИНА	ЈАКО ПЕСКОВИТА	ЗМ ЖУТОМРК
П	1 11 ПЕСАК	ГЛИНОВИТ	ЗЦ ЖУТОЦРВЕН
ПГ	1 13 ПЕСАК	ЈАКО ГЛИНОВИТ	М МРК
ПГЈ	1 14 ПЕСАК	МАЛО ГЛИНОВИТ	МС МРКОСИВ
ПГМ	1 15 ПЕСАК	ГЛИНОВИТ СА ФРАК.	МЦ МРКОЦРВЕН
ПГШ	1 16 ПЕСАК	ШЉ.	П ПЛАВ
ПМШ	1 27 ПЕСАК	МАЛО ШЉУНКОВИТ	СВ СВЕГЛОСИВ
ПП	1 12 ПЕСАК	ПРАШИНАСТ	СЕ СИВОЗЕЛЕН
ПР	2 26 ПРАШИНА	ШЉУНКОВИТ	С3 СИВОЖУТ
ПШ	1 18 ПЕСАК	МАЛО ПЕСКОВИТ	СС СИВОСМЕЉ
Ш	1 24 ШЉУНАК	ПЕСКОВИТ	СМ СМЕЉ
ШМП	1 26 ШЉУНАК	ЈАКО ПЕСКОВИТ	Т ТАМАН
ШП	1 28 ШЉУНАК	ПРАШИНАСТ	Т3 ТАМНОЗЕЛЕЊ
ШПЈ	1 30 ШЉУНАК	ПЕСКОВИТ	ТМ ТАМНОМРК
ШПР	1 32 ШЉУНАК	ГЛИНОВИТ	ТС ТАМНОСИВ
ШСП	1 31 ШЉУНАК	ПЕСКОВИТ	ТУ ТАМНОЖУТ
Х	1 36 ХУМУС		ЦН ЦРН
ХП	1 37 ХУМУС		Ц
*	ПЕПЕО		*
ГЛ	ГЛИНОВИТ	ВЦ ВЕЋИХ ФРАКЦИЈА ЧИСТ	
МГ	МАЛО ГЛИНОВИТ	К КРУПНОЗРН	
МС	МАЛО	КА СА КАЛЦИЈУМ	
	ШЉУНКОВИТ	КАРБОНАТОМ	
МП	МАЛО ПЕСКОВИТ	КР КРУПАН	
ЈГ	ЈАКО ГЛИНОВИТ	М МАСАН	
ЈП	ЈАКО ПЕСКОВИТ	МФ МАСАН СА ОКСИДИМА	
ПЕ	ПЕСКОВИТ	Н НАБАЧАЈ	
ПР	ПРАШИНАСТ	С СИТНОЗРН	
СИ	СИЛИФИКОВАН	СП КРУПНОЗРН СА ПРОС.	
СЛ	ШЉУНКОВИТ	ПЕШЧАРА	
СП	ШЉУНКОВИТО	ПЛ ПЛАСТИЧАН	
СФ	ПЕСКОВИТ	СД СИТНО И СРЕДЊЕЗРН	
	СА ФАУНОМ И	С3 СРЕДЊЕ И КРУПНОЗРН	
	КОНКРЕЦ.		
Ц		СК СРЕДЊИ И КРУПАН	
		СР СРЕДЊЕЗРН	
		СС СРЕДЊЕ И СИТОЗРН	
		СФ СВИХ ФРАКЦИЈА	
		ФЕ СА ОКСИДИМА ГВОЖЂА	
		ГС СА ФРАКЦИЈАМА ШЉУНКА	
		Ц	

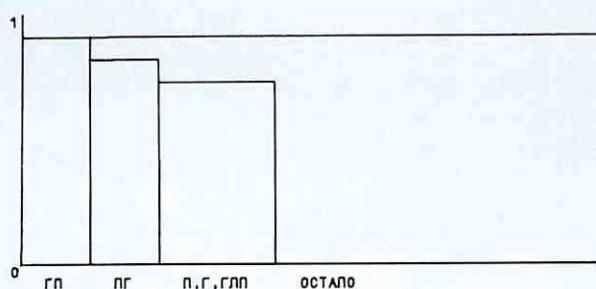
Слика 1. Пример кључа за ТЕНТ Б Обреновац јаловиште подлога

C-21	26269.31	41126.66	79.39	78.96
1.00 Х	Ц	Ц	Ц	
3.00 Г	Ц	М	Ц	
7.00 Г	Ц	ЗУ	Ц	
9.00 ГП	ПЕ	ЗУ	Ц	
14.60 П	Ц	Ц	СР	3.3
18.00 ШП	ПЕ	Ц	Ц	6.97-3
19.20 ШП	ПЕ	Ц	Ц	34.5
20.20 Г	Ц	ТЗ	Ц	8.00-2,
				9.9
				234-1

Слика 2. Пример шифрираног пијезометра за јаловиште ТЕНТ Б Обреновац

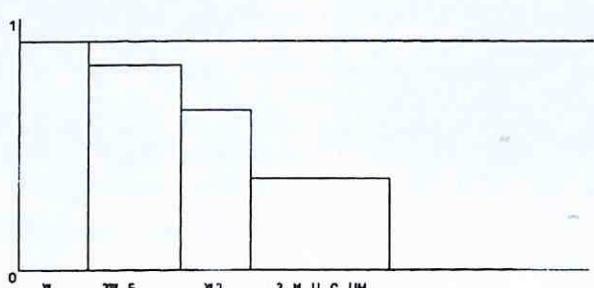
Ц - значи да геолог није унео ту особину

3. На основу кључа се прави функција истинитости за врсту стене за коју вршимо корелацију или за све на пример, нека је репер ПЕСКОВИТА ГЛИНА СА ОСТРАКОДАМА ЖУТЕ БОЈЕ. За прву шифру песковиту глину геолог се одлучио за функцију истинитости (функцију припадности) приказану на Сл. 3.

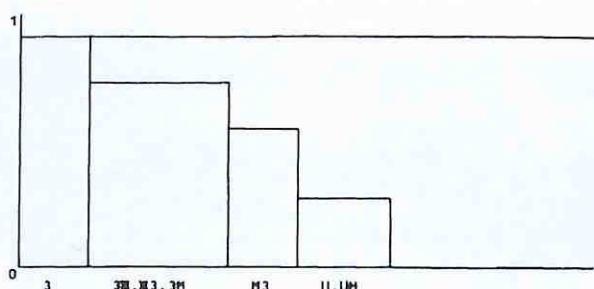


Слика 3.

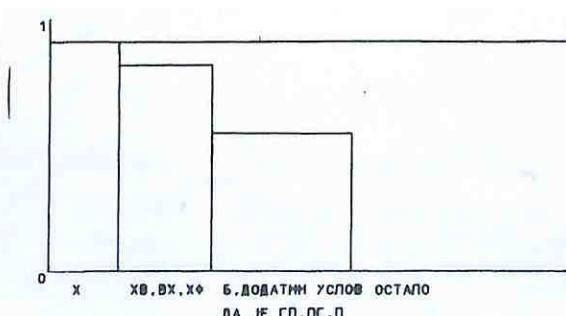
за другу Шифру боје геолог је дао следећу функцију истинитости (припадности) Сл. 4 и 5.



Слика 4.



Слика 5.



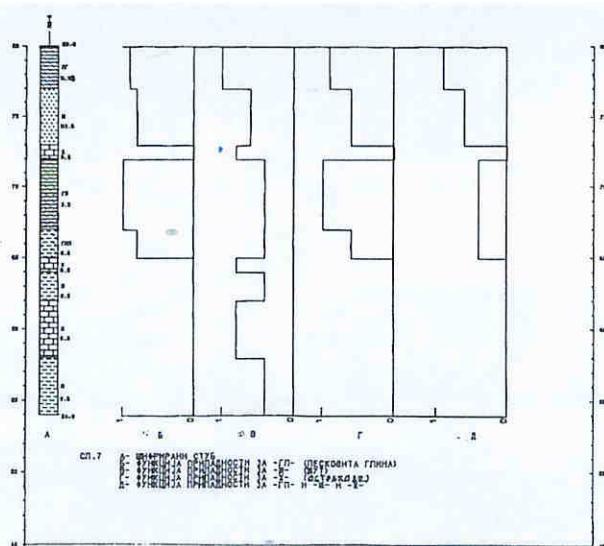
Слика 6.

за трећу шифру за наведени репер ОСТРАКО-ДЕ геолог је дао следећу функцију припадности. Слика 6.

4. Сада се приступа самом поступку корелације репера са текућом бушотином и то на следећи начин. Укључи се опција која ће узети у обзир прву шифру у овом случају то је ПЕСКОВИТА ГЛИНА. Сваки члан ће добити одговарајућу тежину (истинитост) на основу усвојене функције истинитости са Сл. 3 и нека је то приказано на Сл. 7Б за текућу бушотину приказану на Сл. 7А. Затим, по потреби, укључујемо другу опцију, боју, а резултат је приказан на Сл. 7В. Коначно по пропретби, укључује се трећа опција и добије се резултат приказан на Сл. 7Г.

5. Сада геолог може да зада различите тежине за прву, другу или трећу шифру, односно критеријум да му буде логичко И, а то значи да се узима минимум од та три резултата, што је за дати пример приказано на Сл. 7Д.

6. На основу НУМЕРИЧКИХ резултата добијених у 5. који су резултати претходних геолошких размишљања и услова који су сви узети у обзир на логични начин који одређује геолог и који је за сваки репер специфичан, а одговара лежишту, геолог добија нумерички преглед сличности узимајући у обзир сва три параметра. Сада геолог одлучује да ли су то исти слојеви, ако је истинитост на пример 0.7, ако је мања од 0.4 сигурно није тај слој, а ако је 0.4-0.7 остаје отворено питање (можда су потребни додатни критеријуми, на пример дебљина или неки реперни слој који је испод или изнад њега, кречњачка подлога, итд.) На Слици 7Д најсличнији реперу је слој на површини од 0-3 м.



Слика 7.

Корак 1 и 2 представљају уобичајену праксу геолога, обзиром да се резерве и разна графичка лежишта најлакше приказују помоћу рачунара [1 и 2], а рачунар има базу података која је у облику шифара и кључа који распознају цифре. Корак 3 у поступку је кључни код добијања резултата, пошто на основу нумерике која се уноси у овом кораку добијамо разне тежине код корелације. Другим речима ако је геолог који је давао тежине за задати слој и разне параметре (овде се посматрају три параметра повезана логичким чланом И) боље уочио зависност, корелација која ће се добити на основу улазних података из корака 3, ће бити тачнија. Када се на основу добијених резултата уоче неке неправилности, геолог може да се врати на корак 3 и промени вредности неких улазних параметара [3].

У кораку 4 и 5 рачунар даје нумеричку оцену сличности за сваки поједини геолошки члан у ТЕКУЋОЈ бушотини на основу правила која задаје геолог. На пример, у наведеном случају захтева се да буду испуњена сва три услова логичким И. На Сл. 7 под А је дат приказ текуће бушотине, Б - је резултат првог критеријума и нумерике из корака 3 (врсте стена), В - је резултат другог критеријума (боје) из корака 3 и Г - је резултат трећег критеријума и нумерике из корака 3. Пошто је геолог усвојио да сва три критеријума буду повезана логичким И, крајњи резултат у облику графике (нумерице) за текући стуб и усвојену нумерику у кораку 3 приказан је на Сл. 7Д. Кораци Б, В, Г на Сл. 7 су међусобни резултати и нема потребе да се приказују, али су овде приказани из разлога да се боље визуелно уочи поступак добијања крајњих резултата Д Сл. 7, а то је НУМЕРИЧКИ изражена корелација сваког појединачног геолошког текућег члана у односу на задати репер и правилима која је задао геолог.

ЗАКЉУЧАК

У чланку је илустрована наведена могућност примене расплинутих скупова (фази скупова) код одређивања корелације чланова бушотине. Закључак је да тај поступак олакшава, убрзава и даје већу тачност код корелације, а главна карактеристика је да може да узме више особина одједном и да даје НУМЕРИЧКУ оцену корелације, тј. описе преводи у нумерику, а самим тим знатно олакшава геологу посао, у смислу да геолог обрати више пажње само на битне чланове, а не губи време за читање гомиле непотребних података узимајући у обзир расплинутост, тј. постепен прелаз једног скупа у други.

SUMMARY

APPLICATION OF THE FUZZY COLLECTIONS THEORY TO SOLVE THE CORRELATION OF GEOLOGICAL BEDS

This article considers the possibility to solve the problem of correlation of geological members by applying the fuzzy collections theory. An imaginary example with codes which correspond to determined fuzzy collections (type of rock, color, fossils) is presented herein. According to numerical determination of particular members relative to certain boreholes. In other words, the goal of this procedure is to obtain the numerical values for correlation.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вујић Ј., 1987: Примена рачунске технике код обраде података из исражних бушотина, Рударски гласник 4/1987, стр. 58-64.
2. Формирање базе геолошких података из исражних бушотина. Примена математичких метода и рачунара у рударству и геологији, књига 1, 1988, стр. 619.
3. Теодоровић Д., 1994: Увод у теорију фази слупова и примене у саобраћају, Београд.

АУТОР

Мр Јован С. Вујић, дипл. инж. руд.,
дипл. мат.
Рударски институт - Београд

U radu je razmatrana problematika ispitivanja preciznosti digitajzera kao uređaja za konverziju podataka sa grafičkih i fotografskih dokumenata u digitalni oblik i njihovog korišćenja u geodeziji i rudarstvu.

UVOD

Razvoj elektronskih računara za digitalnu obradu podataka, omogučio je i obradu slikevnih informacija. Za takvu obradu razvijeni su uređaji (hardversko-softverske jedinice) za konverziju podataka sa grafičkih i fotografskih dokumenata u digitalni oblik. Ovi uređaji poznati su pod opštim imenom digitajzeri, među koje spadaju i skeneri. Digitajzeri su uređaji pomoću kojih je moguće odrediti numeričke koordinate tačaka u jedinstvenom koordinatnom sistemu. Prema tome, pod pojmom spadaju i skeneri. Digitajzeri su uređaji numeričke koordinate tačaka u jedinstvenom koordinatnom sistemu. Prema tome pod pojmom digitalizacije podrazumeva se numerički zapis tačaka, linija i površina, čija se osnova nalazi u pomu digitalizovanja. Postupak digitalizovanja obuhvata merenje, registraciju i transformaciju koordinata tačaka. Na ovaj način, položaj tačke definiše se u numeričkom obliku, pri čemu se zapis vrši na nekom od medija. Kada se koristi reč "zapis", misli se na takav oblik zapisa, koji će omogućiti višestruko korišćenje digitalizovanih veličina, što se čini pridruživanjem atributa - obeležja, koji govore o načinu korišćenja i njihovom smeštanju u slojevima baze podataka. Prikupljanje informacija za stvaranje baze podataka vrši se na tri načina, što se i u literaturi preporučuje:

1. Klasičnom ili automatizovanom terestričkom tehnologijom,
2. Fotogrametrijskim premerom i
3. Digitalizacijom planova i karata.

U praksi bilo koji od tri pomenuta načina, pojedinačno ne daje kompletne podatke za formiranje digitalnih baza podataka prostorno - informacionih sistema, stoga je u primeni neophodno korisiti kombinacije ova tri načina.

U ovom radu se razmatra treći način, kojim se omogućava koordinatno vodenje postojećeg grafičkog dela Katastra zemljišta i njegova interpretacija za različite potrebe. Osnova ovog načina prikupljanja informacija je "merenje", odnosno rezultati merenja, koji su opterećeni greškama koje mogu da budu različitog karaktera. Izvedenom analizom ovih grešaka dobijene su informacije o mogućnostima korišćenja digitajzera.

Greške rezultata merenja mogu se svrstati u dve osnovne grupe:

1. Prva grupa grešaka vezanih za metodu merenja i

UDK: 622.1:681.322

Stručni rad

PRECIZNOST DIGITAJZERA

Gligorije Perović
Vojislav Džeparoski

2. Druga grupa grešaka vezanih za nosioce informacija.

Prema tome, (ukupna) tačnost digitalizovanja može se povećati prvenstveno smanjenjem uticaja izvora grešaka vezanih za ove dve grupe.

U radu je prikazan jedan postupak ispitivanja preciznosti merenja koordinata CALCOMP-ovim digitajzerm. Ovaj tip digitajzera ima serijsku oznaku 7000, pripada prvoj klasi tačnosti, koja prema uverenju o etaloniranju iznosi 0.143 mm. Ispitivanje, odnosno eksperiment je izveden 1989. godine, u okviru diplomskog rada kandidata Nenada Ljubomirovića.

Za uspešno ispitivanje bilo je potrebno raspologati etalonom. U datim uslovima pitanje etalona rešeno je izradom grafičkog rastera na ravnom automatskom crtaču - ploteru, koji je kao i digitajzer bio vlasništvo Zavoda za geodetske i fotogrametrijske poslove "GEOPREMER". Osnovni podaci koji karakterišu ovaj ploter dati su u uverenju o etaloniranju:

- ponovljivost 0.080 mm.
- rezolucija 0.005 mm.
- poziciona tačnost 0.130 mm.

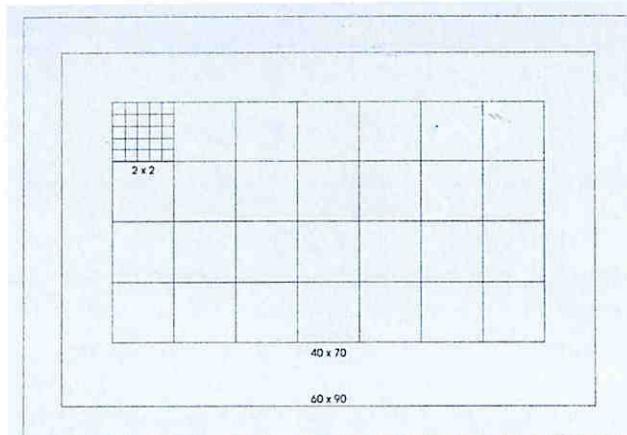
Za merenje koordinata tačaka primjenjen je statički način, odnosno pojedinačno digitalizovanje svake tačke, navođenjem cursora na tačku, pri čemu je korišćena tastatura za registraciju.

PLANIRANJE EKSPERIMENTA

1. Na plastičnoj foliji (MAYER) ploterom je naneta koordinatna decimetarska mreža (60x90)cm (sl. 1). Na tako formiranom listu, na površini od 40x70 cm, urađen je raster 2x2 cm, koji ima ulogu etalona.
2. Ispitivanje preciznosti merenja koordinata tačaka, planirano je digitalizovanjem svake tačke formiranog rastera 4 puta i određivanjem preciznosti merenja preko njihove disperzije.
3. Ispitivanje ugla između koordinatnih osa. Za ovo ispitivanje, planirano je rotiranje lista na ploči digitajzera za oko 45° i digitalizovanje tačaka koordinatne mreže 6 puta u tri položaja lista.
4. Ocena preciznosti računanja površina. Za ovu ocenu potrebno je izvršiti merenje površina: $2 \times 2 \text{ cm}^2$, sa 4 i 8 graničnih tačaka, površina: $6 \times 6 \text{ cm}^2$, sa 4 i 8 graničnih tačaka i površina: $18 \times 18 \text{ cm}^2$, sa 4, 8, 24 i 72 granične tačke.

REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Prema postavljenom zadatku urađen je etalon na automatskom crtaču - ploteru. Na slici 1. dat je grafički prikaz koordinatne mreže 60x90 cm i rastera 40x70 cm.



Slika 1. Koordinatna mreža 60x90 cm i primer rastera za jedan decimetarski kvadrat

PRECIZNOST MERENJA KOORDINATA DIGITAJZEROM

Preciznost merenja koordinata istraživana je pomoću srednje kvadratne greške merenja dobijene na osnovu 4 merenja ($f=3$ stepena slobode) svake od 756 tačaka. Za srednje kvadratne greške dobijene su vrednosti [4]:

za X koordinatu $m_x = 0.075 \text{ mm}$, sa 755 stepena slobode

za Y koordinatu $m_y = 0.132 \text{ mm}$, sa 755 stepena slobode

Osim toga, preko testa rasporeda m_x i m_y , veličine Pearsonovim y^2 testom saglasnosti rasporeda, testirana je ekvivalentna hipoteza o normalnosti rasporeda merenja X, odnosno Y koordinata. U slučaju X koordinate, sa visokim nivoom značajnosti ($\alpha = 0.05$), prihvaćena je hipoteza o normalnosti, dok u slučaju merenja Y koordinate, hipoteza o normalnosti rasporeda merenja nije prihvaćena ni pri vrlo visokom nivou značajnosti ($\alpha = 0.01$). Uzorke nenormalnosti Y merenja treba posebno istražiti.

Poziciona tačnost digitajzera biće

$$\sqrt{(0.075^2 + 0.132^2)} = 0.152 \text{ mm}$$

što se slaže sa vrednošću 0.143 mm koja je data u uverenju o etaloniranju CALCOMP digitajzera.

U sastavu preciznosti ispitivana je i greška koincidiranja, tako što je pri istom viziranju koincidirano 2 puta. Uz oznaku, m_k , za srednju grešku 3024 dvostrukih merenja dobijeno je:

za X koordinatu: $m_{kx} = 0.011 \text{ mm}$, sa 1.512 stepena slobode

za Y koordinatu: $m_{ky} = 0.009 \text{ mm}$, sa 1.512 stepena slobode

što po principu beznačajnosti, nema uticaja na standarde merenja (koji iznose 0.075 mm - za X i 0.132 mm za Y koordinatu).

ODREĐIVANJE RAZMERE PO KOORDINATnim OSAMA

S obzirom da, u datim okolnostima, nije postojala mogućnost da se rastojanja na planu (foliji) uporede sa etalonskim vrednostima, to je izvršeno samo istraživanje saglasnosti razmara dužina dobijenih iz digitalizacije koordinata tačaka sa dužinama dobijenih (nanetih) oliterom. Mereno je 6 dužina od 900 mm pri pet položaja lista na ploči digitajzera. Dobijene su vrednosti za razmeru q i njenu srednju grešku m_q :

$$q_x = 1.0000397 \text{ i } m_{q_x} = 0.0000215$$

$$q_y = 0.9999902 \text{ i } m_{q_y} = 0.0000376,$$

pri čemu srednje greške m_{q_x} i m_{q_y} imaju po 2268 stepena slobode. Na osnovu ovih rezultata se, sa visokim nivoom značajnosti, može prihvati hipoteza o saglasnosti ovih dveju razmara (digitajzera i plotera).

ODREĐIVANJE UGLA IZMEĐU KOORDINATNIH OSA

Testiranje hipoteze da ugao između koordinatnih osa iznosi 90%, izvršeno je preko testa ekvivalentne hipoteze o jednakosti dijagonala korisnog prostora 900x600 mm. Na osnovu tri merenja izvršena pri tri različita položaja lista, za dijagonale i njihove srednje greške dobijene su vrednosti:

$$d_1 = 1081.66917 \text{ mm sa } m_{d1} = 0.00377 \text{ mm i}$$

$$d_2 = 1081.65917 \text{ mm sa } m_{d2} = 0.00623 \text{ mm.}$$

Pošto se test jednakosti pravih vrednosti dveju dijagonala, sa visokim nivoom značajnosti ($\alpha = 0.05$) prihvata, to se ekvivalentno prihvata hipoteza o upravnosti koordinatnih osa.

PRECIZNOST ODREĐIVANJA POVRŠINA

Za tri veličine parcela oblika kvadrata sa različitim brojem graničnih tačaka, čije su površine $2 \times 2 \text{ cm}^2$, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ i $18 \times 18 \text{ cm}^2$, pri čemu su granične linije bile orijen-

tisane paralelno koordinatnim osama, iz višestrukih merenja i upoređenja sa nominalnim površinama određene su srednje vrednosti $\Delta_p = P_{\text{tačno}} - P_{\text{mereno}}$ grešaka površine P i srednje greške m_p , sračunate iz odstupanja površina parcela od njihovih srednjih vrednosti.

Testovi hipoteze o postojanju sistemske razlike između nominalne i površine dobijene merenjem prihvaci su u slučajevima površina $18 \times 18 \text{ cm}^2$, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ sa $n=24$ granične tačke i površine $2 \times 2 \text{ cm}^2$. Ovu pojavu svakako treba istražiti, a kao jedan od mogućih uzroka ove pojave mogla bi se navesti paralelnost ivica parcele sa koordinatnim osama.

Preciznost računanja površina ocenjena je pomoću srednje kvadratne greške m_p računate po formuli:

$$m_p^2 = \frac{1}{4} \sum_1^n (Y_{i+1} - Y_i) \cdot m_x^2 + \frac{1}{4} \sum_1^n (X_{i+1} - X_i) \cdot m_y^2$$

pri čemu je uzeto $m_x = 0.075 \text{ mm}$ i $m_y = 0.132 \text{ mm}$.

BROJ GRANIČNIH TAČAKA PARCELE	POVRŠINE PARCELA		
	(2x2)cm ²	(6x6)cm ²	(18x18)cm ²
	m_p mm ²	m_p mm ²	m_p mm ²
n=4	4.27	12.81	38.43
n=8	3.38	10.13	30.38
n=24		6.91	20.75
n=72			9.40

Tabela 2. Srednje greške m_p (mm²) površina P

Primetno je da se srednja greška m_p parcele iste površine smanjuje sa povećanjem broja graničnih tačaka.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata dobijenih merenjem i rezultata dobijenih analizom (za ovaj tip digitajzera), možemo zaključiti da se on može koristiti za prikupljanje informacija sa grafičkih dokumenata za stvaranje baze podataka. Iz ocene preciznosti računanja površina

Tabela 1. Prave i srednje greške Δ_p i m_p , površina sračunatih iz digitalizovanih koordinata graničnih tačaka površina

BROJ GRANIČNIH TAČAKA PARCELE	POVRŠINA PARCELA								
	(2x2)cm ²			(6x6)cm ²			(18x18)cm ²		
	Δ_p mm ²	m_p mm ²	f	Δ_p mm ²	m_p mm ²	f	Δ_p mm ²	m_p mm ²	f
n=4				-0.82	6.06	89	-21.4	20.5	17
n=8	0.74	1.54	201	-1.57	6.98	87	-19.2	20.0	13
n=24				-2.40	7.31	88	-11.1	15.0	6
n=72							-19.7	14.9	7

možemo zaključiti da je površina preciznije sračunata ako u konturi ima više tačaka, odnosno da merenja slede normalni Zakon raspodela slučajnih veličina.

SUMMARY

The paper focuses on determining the precision level of digitisers, as instruments used for data conversion from graphic and photographic files into a digital form and their application in surveying and mining.

LITERATURA

1. Hald A., 1957: Statistical Theory with Engineering Applications, Wiley, New York,
2. Scheffe H., 1959: The Analisys of Variance, Weley, New York.
3. Stefanović J., Džeparoski V., 1980: Digitalizacija rudničkih planova i otkrivanje usuha. Zbornik radova Simpozijuma Jugoslovenskog komiteta za rudarska merenja str. 149-159, Struga.
4. Ljubomirović N., 1989: Digitalizacija grafičkih nosioca informacija sa posebnim osvrtom na preciznost digitajzera, Diplomski rad, Gračevinski fakultet, Beograd.
5. Džeparoski V., 1992: Rudarska merenja kao pod-sistem informacionog sistema rudnika sa osvrtom na digitalizaciju rudničkih planova, Zbornik rado-vaa načina skupa o podzemnoj eksploataciji, str. 432-437, Beograd.
6. Perović G., 1989: Račun izdavanja knjiga i teorija grešaka merenja, Naučna knjiga, Beograd.

AUTORI

dr Gligorije Perović, vanr. prof.
Građevinski fakultet, Beograd
dr Vojislav Džeparoski, docent
RGF

POPIS KNJIGA I ČLANAKA O KOMBINOVANOJ (POVRŠINSKOJ I PODZEMNOJ) I POVRŠINSKOJ EKSPLOATACIJI STARIH JAMSKIH RADOVA

Većina površinskih kopova otpočela je radom na ležištima na kojima su izvođeni radovi podzemne eksploatacije. Objekti podzemne eksploatacije najčešće su obuhvatili prve istražene, kvalitetno bogatije i manje delove ležišta mineralne sirovine.

Površinski kopovi su najčešće otvarani sa strane najplićih delova ležišta. Brz razvoj tehnike i tehnologije površinske eksploatacije doveo je do šireg zahvatanja ležišta površinskim radovima pri čemu su nezaobilazno zahvatani i delovi ležišta na kojima su ranije izvođeni radovi podzemne eksploatacije.

Već u fazi projektovanja površinske eksploatacije na delovima ležišta na kojima su izvođeni radovi podzemne eksploatacije nailazi se na poteškoće zbog nepostojanja dokumentacije o tim radovima ili je postojeća dokumentacija oskudna i nepouzdana. Nepoznato je koliko je ostalo neotkopane mineralne sirovine niti u kakvom su stanju podzemne prostorije s obzirom na narušenu stabilnost u ležištu.

Pri površinskoj eksploataciji dela ležišta u kojem su izvođeni podzemni radovi mogu se pojaviti nepredvidive okolnosti, kao što su: klizište, obrušavanje, prodror vode, požar, prevrtanje mašina, gubljenje pribora bušačih garnitura, oštećenja mašina i njihovog pribora, nailazak na ostatke građe podzemnih prostorija i delove opreme koji mogu ometati proizvodnju.

Projektovanje i operativno izvođenje radova površinske eksploatacije na delovima ležišta gde su izvođeni podzemni radovi zahteva posebna rešenja specifična za svaki objekat, kao i niz predostrožnosti i mera zaštite na radu.

Prikupljeni podaci o knjigama i člancima o površinskoj eksploataciji delova ležišta na kojima je završena podzemna eksploatacija, i o istovremenoj površinskoj i podzemnoj eksploataciji na istom ležištu - kombinovanoj eksploataciji, mogli bi da pomognu onima koji se bave poslovima da brže dođu do stručnih informacija o tom predmetu.

Popis ne predstavlja sveobuhvatnu literaturu o tretiranoj oblasti eksploatacije mineralnih sirovina, već je samo deo toga što je prikupljeno pri rešavanju određenog problema.

1. АЛЕКСЕЕВ Ф. К., ГУШКО П. И., МАЛЮТА Д.И., 1985: Обоснование перехода на комбинированный способ разработки рудных месторождений. Горний журнал, 11.
2. АРИСТОВ И. И., 1959: Анализ условий производства открытых горных работ на подработанных площадях. Научн. тр. МГ, сб. 26, 65-89 с.
3. АРСЕНТЬЕВ А. И., ПОЛИЩУК А. К., 1965: Взаимодействие открытых и подземных работ при комбинированной разработке месторождений. Изв. вузов, Горный журнал, Свердловск, № 11.
4. АРСЕНТЬЕВ А. И., ПОЛИЩУК А. К., ЗАХВАТКИН Б. Н., 1970: Открытая разработка руд, потерянных при подземной добыче. -Л., Наука, 167 с.
5. АРТЕМЕНКО А. П., ДРАЧЕВ В. Г., 1972: Сравнительная оценка способов погашения пустот при комбинированной разработке наклонных месторождений. - Тр. ИГД МЧМ СССР, № 39, 112-117 с.
6. АТАМАСЬ П. А., 1966: Исследование основных вопросов повторной разработки. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Новочеркасск, 148 с.
7. БАРОН Л. И., 1961: О повторной разработке рудных месторождений. - В кн. Научные сообщения АН СССР. Москва, Госгортехиздат, № 7, 29-44 с.
8. БЕЗУХ В. Р., ПОЛИЩУК А. К., 1963: Размещение потерянных руд в выработанном пространстве. Металлургическая и горнорудная промышленность. Киев, № 5.
9. БЕНТХАУЗ Ф., 1964: Исследования транспортируемости закладочного материала и несущей способности закладочного массива при самотечной закладке выработанного пространства. Глюкауф, Изд, Недра, Москва, № 1.
10. БОГОЛЮБОВ Б. П., МОСИНЕЦ В. Н., 1956: Переход с подземных работ на открытые в условиях медноколчеданного месторождения. Былл. ЦНИИЦветмет, № 6 (59).
11. БОГОЛЮБОВ Б. П., АСТАФЬЕВ Ю. П., 1959: Погашение рудоспусков на карьерах. Горный журнал. № 2, 23-25с.
12. БОГОЛЮБОВ Б. П., ХОДИНОВ А. С., 1962: Способы ликвидации пустот при работе карьера в зоне старых подземных выработок. Изв. Вузов. Горный журнал, № 2, 50-57 с.
13. БОГОЛЮБОВ Б. П., ЮМАТОВ Б. П., ХОДИНОВ А. С., 1962: Опыт работы карьера Северный над подземными камерами рудника Таймырский. Бюлл. ЦНИИЦветмет, № 4 (201).
14. БОГОЛЮБОВ Б. П., ЮМАТОВ Б. П., ХОДИНОВ А. С. и др., 1962: Определение мощности потолочин при открытой разработке зона нарушенных подземными выработками. Горный журнал, № 11.
15. БОГОЛЮБОВ Б. П., ЮМАТОВ Б. П., ИСАЕВ А. В., 1962: Опыт работы карьера "Угольный ручей" в зоне обрушения Заполярного рудника, Горный журнал, № 6.
16. БОГОЛЮБОВ Б. П., АСТАФЬЕВ Ю. П., 1965: Опыт использования подземных выработок на карьерах, Горный журнал, № 3, 23-24 с.
17. БРИЧКИН А. В., 1946: Отработка "забалансованных" руд на Ачисайском месторождении. Цветные металлы, № 3, 1-5 с.
18. БУШЕВ Л. И., ШАШУРИН С. Л., 1960: Открытые работы на Никитовском месторождении, "Колыма", Магадан, № 5.
19. БУШЕВ Л. И., СТРУНА М. Г., ТУЧКОВ П. Н., ЦАЙ В. В., ХРЮКИН Ю. И., ВОРОБЬЕВ И. А., 1986: Опыт совмещения открытых и подземных работ на Никитовском ртутном комбинате, ЦНИИЗИ цветной металлургии, бюл. № 6, 7 с.
20. ВОВК А. А., ЧЕРНЫЙ Г. И., 1965: Разработка месторождений полезных ископаемых комбинированным способом, Киев: Наукова думка, 192 с.
21. DARWISH M. A., HAGUE M. Z., 1989: Quar-

- ryslope stability and applications. Saudi Arabia, Juddah, S. A.
22. ЕНИКЕЕВ Н. Б., 1955: Перевод действующего рудника с подземных на открытые работы. Годный журнал, №7.
23. ЖАРКЕНОВ М. И., САПАКОВ Е. А., 1988: Перспективы повторной разработки Джезказганского месторождения, Годный журнал, № 12, 33-35 с.
24. ЗАХВАТКИН Б. Н., 1958: Разработка верхней части месторождения "Каула" открытым способом, Горный журнал, № 1, 67-68 с.
25. ЗАХВАТКИН Б. Н., 1959: Практика работы рудника "Каула", Изд. ЦИИЦветмет, Москва.
26. ЗАХВАТКИН Б. Н., 1965: Разработка малых рудных тел открытыми работами, Горный журнал, № 9.
27. ЗАХВАТКИН Б. н., 1965: Снижение потерь и разубоживания руды при выемке междукамерных и междуэтажных целиков открытым способом на руднике "Каула", Бюлл. ЦИИЦветмет, № 10, (279).
28. ЗАХВАТКИН Б. Н., 1965: Открытая разработка междукамерных и междуэтажных целиков ограниченных закладкой. Горный журнал, № 12.
29. ЗАХВАТКИН Б. Н., 1966: Изыскание рациональных методов открытой разработки междукамерных и междуэтажных целиков (на примере рудника "Каула"), Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. М., 129 с.
30. ИОФИН В. С., 1978: Расчет толщины предохранительного целика междуудном карьера и подземными выработками. Сб. тр. ВЗПИ, № 112, 65-68 с.
31. ИССЛЕДОВАНИЕ вопросов устойчивости бортов Сибайского и Учалинского карьеров при доработке месторождений открытым и подземным способом (Рук. Тылькин А. П.), Свердловск: УНИПРО-медиа, 1985, 83 с.
32. JANIĆIJEVIĆ D., 1989: Tehnologija rada rotornog bagera SH-630 pri otkopavanju uglja iz starih jamskih radova na PO "KOSTOLAC" - polje "Čirikovac", VII Jugoslovenski simpozijum o površinskoj eksploataciji mineralnih sirovina, Beočin.
33. КАЗИКАЕВ Д. М., 1967: Совместная разработка рудных месторождений открытым и подземным способами. Москва, Недра, 157 с.
34. КАЗИКАЕВ Д. М., 1981: Геомеханические процессы при совместной и повторной разработке, Москва, Недра, 288 с.
35. КАЗИКАЕВ Д. М., 1987: Особенности геомеханических задач при открыто-подземной разработке месторождений. (Основные направления развития открыто-подземного способа разработки месторождений). Москва: ИПКОН АН СССР, 30-33 с.
36. КИРИЕНКО В. Ф., ЯКИМЕНКО Н. Д., 1964: Погашение подземных выработок в зоне совмещения работ открытых и подземных рудников, В. сб. : Опыт усовершенствования подземных горных работ, Цветмет-информация, Москва, с. 18-24.
37. КОМБИНИРОВАННАЯ разработка рудных месторождений, Свердловск, 1969, с. 19-29, (Тр. ИГД Минчермет СССР: вып. 27).
38. КОМБИНИРОВАННАЯ разработка полезных ископаемых, 1987, Москва, Горная энциклопедия, том 3. с 71.
39. КОРОТКИН Л. М., ЛУБЕНЕЦ Н. П., САШУРИН А. Д., БЕРКУТОВ В. А., 1985: Проблемы комбинированного способа разработки Гороблагодатского железорудного месторождений, Горный журнал, 9.
40. КУЛИКОВ В. В., 1965: Совместная и повторная разработка рудных месторождений, Москва, Недра, 346 с.
41. КУЛИКОВ В. В., 1972: Совместная и повторная разработка рудных месторождений, Москва, Недра, 327 с.

42. КУЛИКОВ В. В., 1972: Совместная и повторная разработка рудных месторождений, Изд. 2-е, Москва, Недра, 301 с.
43. КУЛИКОВ В. В., 1980: Выпуск руды. Москва, 327 с.
44. ЛАВРИЧЕНКО В. Ф., ЛЫСАК В. И., 1974: Концентрация горных работ на шахтах Криворожского бассейна, Горный журнал, № 5, 29-34 с.
45. ЛУНЕВ А. А., ЗВЕРЬКОВ С. Н., 1959: Открытая разработка месторождений в зоне старых подземных работ, Горный журнал, № 9, 8-12 с.
46. МАЛАХОВ Г. М., 1952: Выпуск руды из обрушенных блоков, Металлургиздат, Москва.
47. МЕЧИКОВ О. С., 1970: О выборе рационального способа погашения из карьера подземных пустот у контурах рудных тел, Горный журнал, № 7, 24-26 с.
48. МОЖЖЕРИН В. М., 1968: Влияние подземных разработок на устойчивость бортов карьеров, Автореф. дисс. на соискание уч. степени кандид. техн. наук. -Ленинград: ЛГИ, 192 с.
49. MAMUZDAR B. K., 1977: Opencast Mining of Developed Coal Seams, International Symposium on Thick Sram Mining.
50. MAMUZDAR B. K., 1982: Površinsko otkopavanje slojeva uglja otkopanih jamskim putem, XI Svetski rudarski kongres, Beograd.
51. МУХТАРОВ Т. М., 1988: Комбинированный способ разработки месторождений полезных ископаемых, "Наука", Москва.
52. НОСКИН И. И., БАТУГИНА Г. М., ГУБИН В. И., БОТОВ В. С., 1983: Способ закладки выработанного пространства при слоевой отработке в исходящем порядке. А. С. Но 1010297 (СССР), опубл. в БИ № 13.
53. Open Pit Mine Planning and Design/Edit, Grawford J., Hustrulid W. New York: AIME, 1979, p. 367.
54. ОСАДЧИЙ В. И., 1988: Экономическая оценка способов погашения подземных пустот при повторной открытой разработке пологопадающего месторождения, -В сб.: Техника и технология открытых горных работ при комплексном освоении минеральных ресурсов, Москва, МГИ, 37-45 с.
55. ОСАДЧИЙ В. И., 1989: Обеспечение качества руды при повторной разработке месторождений открытым способом, МГИ, Москва, с. 7, -Деп. в ЦНИИцветмет экономики и информации, № 1848 от 26.09.89.
56. ОСАДЧИЙ В. И., 1989: Разработка технологии погашения подземных пустот при повторной отработке пологопадающих рудных месторождений открытым способом, Дисс. на соискание уч. степени канд. техн. наук, Москва, МГИ, 178 с.
57. ОСАДЧИЙ В. И., 1988: Способ погашения подземных пустот. Положит. решение от 27.06.88 г. по заявке на изобретение № 4340023/23-03 (181.476).
58. ОСАДЧИЙ В. И., 1989: Способ закладки подземных пустот при выемке целиков полезного ископаемого. Положит. решение от 06.04.89 г. по заявке на изобретение № 4444886/31-03 (094372).
59. ОСНОВНЫЕ направления развития открыто-подземного способа разработки месторождений, Москва: ИПКОН АН СССР, 1987, 130 с.
60. ПИРСКИЙ А. А., 1972: Исследование концентрации горных работ на угольных шахтах, Автореф. дисс. ... д-ра тех. наук, Москва, 14-21 с.
61. ПОЛИЩЧУК А. К., БИЧУК Ю. Е., ЛОЗОВОЙ С. В., 1964: О целосообразности открытой разработки потерянных чистых и разубоженных руд в условиях рудника им. Дзержинского. Автореф. канд. дисс., изд. КГРИ, Кривой рог, вып. 22.

62. ПОЛИЩУК А. К., 1964: Исследование экономической целесообразности открытой разработки потерянных руд и железистых кварцитов в зоне обрушения рудника им. Дзержинского, Автореф. канд. дисс., изд. КГРИ, Кривой рог.
63. ПОЛИЩУК А. К., 1965: Совмещение открытых и подземных работ в одной вертикальной плоскости. Колыма, № 5, 30-32 с.
64. ПОЛИЩУК А. К., 1969: О целесообразной глубине открытых горных работ при повторной разработке месторождения рудника им. Дзержинского - Сб. Вопросы разработки нерудных и рудных месторождений, Вып. 3 Недра, Москва, 30-37 с.
65. ПОЛИЩУК А. К., 1971: Теоретические основы повторной разработки железорудных месторождений открытым способом, Автореферат дисс. на соискание уч. степени докт. техн. наук, Ленинград: ЛГИ, 32 с.
66. ПОЛИЩУК А. К. и др., 1973: Определение границ открытых работ при повторной разработке месторождений железных руд, Известия вузов, Горный журнал, № 5, 28-34 с.
67. ПОЛИЩУК А. К., 1978: Открытая повторная разработка железорудных месторождений. -Киев, Виша школа, 191 с.
68. ПОЛИЩУК А. К., КРАВЕЦ В. С., 1982: Методика расчета устойчивости бортов карьеров в зонах подземных работ Кривбасса. Горный журнал, № 10, 22-26 с.
69. ПРОНИН М. Н., ПОЛИЩУК А. К., 1966: Повторная разработка месторождений на шахте "Центральная", Бюлл. ЦНИИЧМ, № 7 (531).
70. ПРОНИН М. Н., ПОЛИЩУК А. К., 1966: Открытая разработка рудной залежи в зоне старых подземных работ рудника "Ингулец", Бюлл. ЦНИИЧМ, № 14 (538).
71. ПРОНИН М. Н., 1967: Исследование вопросов технологии и эффективности повторной разработки месторождений Кривбасса открытым способом. -Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук, Днепропетровск. 137 с.
72. ПРОНИН М. Н., ХИВРЕНКО А. Ф., ПОЛИЩУК А. К., 1967: Переход на открытый способ повторной разработки потерянных чистых и разрушенных руд на шахте "Центральная" рудника "Ингулец". Металлургическая и горнорудная промышленность, Днепропетровск, № 1.
73. РЕЗНИКОВ Л. М., ДРАННИКОВ С. А., 1981: К вопросу об организации добычи угля открыто-подземным способом, Уголь, июнь.
74. РЖЕВСКИЙ В. В., АРСЕНТЬЕВ А. И., ПЕРМЯКОВ Р. С. И др., 1969: Карьерные рудоспуски, Москва, Недра, 171 с.
75. САГИНОВ А. С., КВОН С. С., 1972: Новый метод исследования и рациональные способы вскрытия шахтных полей, Недра, Москва, 142 с.
76. САФАРГАЛИЕВ Г. С., АНДРЕЕВА Н. И., 1985: Горно-геологические, горнотехнические, организационно-социальные условия, сопутствующие открытой вторичной разработке Джезказганского месторождения. - Комплексное использование сырья Алма-ата, 11 с.
77. SEEGMILLER B. L., 1977: Sate characterization using oriented borehole care, Monograph on rock mechanics applications in mining. New York: AIME.
78. СИРАЗУТДИНОВ А. М. и др. 1981: Вторичная разработка месторождений руд цветных металлов Казахстана, - КазНИИНТИ, Алма-Ата, 8 с.
79. СКУБА В. М., КИРЖНЕР Ф. М., ЛОСЬ И. Н., 1987: Перспективы применения комбинированного способа разработки угольных месторождений Южной Якутии. Уголь, май.
80. TARANI K., 1974: Übergang dem Tagebau zum Tiefbau auf der Grube Pyhasalmi von Outokampu Ou, Finnland, Braunkohle 10.

81. TERZIĆ M., RADOVANOVIC R., 1989: Eksploracija graničnih delova ugljenog sloja zaostalih jamskom eksploracijom rotornim bagerom, VII Jugoslovenski simpozijum o površinskoj eksploraciji mineralnih sirovina, Beočin.
82. ТРУБЕЦНИКОЙ К. Н., 1968: О совместном вскрытии карьерного и шахтного полей при комбинированной разработке месторождений. (Физ.-техн. пробл. разараб. полез. ископаемых), № 4, 37-41 с.
83. TURALA H., MATKO Z., 1981: Iskustva na eksploraciji lignita površinskim otkopom iznad starih jamskih radova. Rudarski glasnik 2 (20), Beograd, s. 5-10.
84. ФЕДОРОВ В. П., 1973: Исследование надежности основных параметров шахт в целях её учета при поэтапном проектировании: Автореф. дисс. канд. техн. наук. Москва, 9-12 с.
85. ФЕЛОНЕНКО М. А., 1983: Определение объёмов горной массы карьера при совместной разработке месторождений. -Изв. Вузов, Горный журнал, № 6, 27-29 с.
86. ФЕЛОНЕНКО М. А., ПРИЛУЧНЫЙ Ю. В., СМОЛЬЯНОВ Н. Н., 1974: Исследование скорости перемещения фронта горных работ в карьере при совместной разработке месторождений, В кн.: Разработка рудных месторождений, Республ. межвед. сб., Киев, № 17, 63-68 с.
87. ФИЛЯРЧУК С. Е., 1956: Переход Блявинского рудника на открытый способ разработки. Горный журнал, № 4, с. 31-33.
88. FOERSTER W., 1978: Zur Planumsstandsicherheit über Altstrecken, Neue Bergbautechnik 8, 11, s. 636-639.
89. HANTZ D., AREAMONE J., 1987: L'analyse à postérieurs des talus de mines à ciel ouvert dans des formations géologiques complexes (bassin houiller du Gard-France, Industrie Minérale, No 12).
90. ЧЕРНЫЙ Г. И., 1980: Устойчивость подработанных бортов карьеров, Москва, Недра, 216 с.
91. ЧЕРНЫХ А. Д., 1977: О вариантах систем открыто-подземной разработки с торцевым выпуском руды. Тр. НИИКМА, № 10, с. 54-56.
92. ЧОБАНЯН В. В., ЛУКИЧЕВ В. Г., АХМЕТОВА И. П., 1989: Оценка устойчивости прибортовых массивов с подработанным основанием. (Вопросы рационализации маркшейдерской службы на горных предприятиях.) - Свердловск: СГИ, 7-15 с.
93. ЧОБАНЯН В. В., 1990: Обоснование контуров карьера при повторной разработке пологопадающего рудного месторождения. Дисс. на соискание степени канд. техн. наук, -Москва: МГИ, 175 с.
94. ШАЛИН А. Н., 1957: Перевод месторождений руд цветных металлов с подземных работ на открытые. Бюлл, Горн. о-ва, № 1, 7-11 с.
95. ШАШУРИН С. Л., 1962: Повторная разработка месторождений руд цветных и редких металлов, -м., Госгортехиздат, 238 с.
96. ШАШУРИН С. Л., 1964: Основные вопросы повторной разработки месторождений цветных и редких металлов. Дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук, Горловка, 287 с.
97. ШАШУРИН С. Л. и др., 1968: Открытая повторная разработка Никитовского ртутного месторождения. -Донецк, "Донбасс", 58 с.
98. ШИШКОВ П. А., 1961: Опыт ведения горных работ на Андреевском карьере в активной зоне обрушения. Бюлл, ЦИИНЦветмет, № (181).
99. ШКУТА З. И., ХИВРЕНКО А. Ф., АРСЕНТЬЕВ А. И., ПОЛИЩУК А. К., КУЛИКОВ В. В., 1966: Открытая разработка железистых кварцитов и потерянных руд в зоне обрушения подземных рудников Кривбаса. Металлургическая и горнорудная промышленность, Днепропетровск, № 5.
100. ШНАЙДЕР М. Ф., ГОРДИЕНКО Е. Т., 1964: О совместных открытых и подземных работах. Безопасность труда

- в промышленности, Москва, № 1.
101. ШНАЙДЕР М. Ф., ВОРОНЕНКО В. К., 1985: Совмещенная подземная и открытая разработка рудных месторождений. Москва, Недра, 132 с.
102. ЩЕЛКАНОВ В. А., 1972: Научные основы комбинированной разработки рудных месторождений. Автореф. дисс. д-ра тех. наук, Москва, 14-21 с.
103. ЩЕЛКАНОВ В. А., 1974: Комбинированная разработка рудных месторождений, Москва, Недра, 231 с.
104. ЩЕЛКАНОВ В. А., 1977: Особенности вскрытия и отработки глубоких горизонтов карьеров, Киев, Наук. думка, 33-34 с.
105. ЩЕЛКАНОВ В. А., 1982: Подземные выработки на карьерах. Москва: Недра, 159 с.
106. ЮМАТОВ Б. П., ЧАНТУРИЯ А. В. и др., 1959: Опыт погашения пустот в условиях перехода с подземных работ на открытые, Горный журнал, № 6, 5-19 с.
107. ЮМАТОВ Б. П., 1959: Опыт погашения пустот в условиях перехода с подземных на открытые. Горный журнал, № 3, 23-27 с.
108. ЮМАТОВ Б. П., 1961: Определение экономической эффективности капиталовложений и глубины карьера при комбинированной разработке месторождений. Горный журнал, № 2, 13-19; 29-31 с.
109. ЮМАТОВ Б. П., 1962: Основные вопросы комбинированной разработки рудных месторождений, Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. Москва, 14-28 с.
110. ЮМАТОВ Б. П., 1966: Технология открытых горных работ и основные расчеты при комбинированной разработке рудных месторождений. Москва, Недра, 167 с.
111. ЮМАТОВ Б. П., БУНИН Ж. В., 1970: Строительство и реконструкция рудных карьеров. Москва, Недра, 203 с.
112. ЮМАТОВ Б. П., ПЕТРОВ Н. Н., ЕНЮТИН В. И., ВЕСЕЛОВ Г. А., 1986: Особенности комбинированной разработки нагорных месторождений и перспективы расширения области её применения. Горный журнал, № 1, 52-53 с.
113. WOJTKOW F., 1988: La stabilité des lames de mines et carrières à ciel ouvert: méthodes d'étude et de surveillance. Industrie Minérale, No 5, p. 37.

AUTOR

Stevo Vuković, dipl. ing. rud.

Radmilo Obradović

Nikola Najdanović

MEHANIKA TLA u inženjerskoj praksi

Knjiga ove vrste je jedina u nas, čije je prvo izdanje izašlo 1979. godine, a drugo prerađeno i dopunjeno 1981. godine.

Po svojoj sadržini knjiga obuhvata materiju koja se izučava na Rudarsko-geološkom, građevinskom i šumarskom fakultetu.

U ovom trećem izdanju izvršene su mnogobrojne dopune skoro u svim poglavlјima, a uvedena su i nova poglavlјa, koja će biti od interesa za korisnike.

Knjiga je u formatu B₅, ima 770 strana sa 420 slika i 107 tablica kao i 128 literaturnih citata sa pojmovima i definicijama.

Izdavač knjige je Rudarski institut Beograd, preko koga se knjiga može naručiti.

Knjiga sadrži 26 poglavlјa i registar pri čemu jedinstvenu celinu čine poglavlјa:

- Postanak tla, fizičko-mehaničke osobine tla, sondiranje penetracijom, metode laboratorijskog ispitivanja sa statističkom obradom rezultata, ispitivanjem i terenskom klasifikacijom i identifikacijom. Izvršena je nova podela klasifikacije stena po kategorijama i njihovoj primeni i upotrebljivosti kao građevinski materijal. Posebno su obrađeni uticaji vibracija na otpornost materijala na smicanje.

ovde iseći

mesto
za
marku

RUDARSKI INSTITUT
Batajnički put 2
11080 Beograd

- Stabilnost zemljanih kosina prikazana je i na kosoj podlozi. Spenserova metoda dopunjena je dijagramima.
- Zemljani pritisci na tunele i cevi kompletno su dopunjenoj proračunima bočnih i vertikalnih pritisaka u silosima, elevatorima za žito i bunkrima za ugalj. Izložene su komparativne metode Jenssenova i Reiberta kao i Macney-a i Mosona sa izvedenim primerima proračuna; Utvrđivanje naponskog stanja u tlu prema Bouassinesqovom i Westergardovim dijagramima; prikazane su veze između stanja tla i tipova temelja sa komentarima za projektovanje.
- Proračun nosivosti tla na padini i u blizini kosine po Meyerhofu; nosivost temelja opterećenim silama čupanja ili zatezanja; Dimenzionisanje temelja samaca na osnovu rezultata standardnog penetracionog opita sa određivanjem granične nosivosti višeslojnog tla sa komparativnim proračunima po četiri metode.
- Fundiranje na steni je novo poglavlje gde su izložena savremena gledanja i postupci proračuna nosivosti s obzirom na diskontinualnost stenske mase.
- Za proračune vibracionih temelja, dinamički problemi su razvijeni u dve kategorije veličina jediničnih deformacija. Prikazana je ocena uticaja oštećenja objekata usled miniranja na površinskim kopovima i podzemnim prostorijama.
- Proračun sleganja dopunjjen je za slobodno stojeće konstrukcije (dimnjake, tornjeve i dr.) sa primerima proračuna; proračun sleganja pod uticajem učestalog opterećenja i obrada podataka osmatranja sleganja metodom matematičke statistike.
- Izloženi su kritrijumi sleganja u pogledu oštećenja zgrade i vrste konstrukcije.
- Reološke pojave u tlu, dopunjene su rezultatima sprovedenih ispitivanja na materijalima tla Kostolačkog i Kolubarskog ugljenog basena.

PORUDŽBENICA

(popuniti štampanim slovima)

Iznos od _____ dinara uplaćen je na žiro račun br. 40805-603-9-22550 na ime Rudarski institut, 11080 Beograd, Batajnički put br. 2 (tel: 011/195-112). Uplatnicu šaljem u prilogu.

NARUČILAC _____

INSTITUCIJA _____

ADRESA _____

TELEFON _____

DATUM _____

Potpis naručioca

Jovan Đuković

HEMIJA ATMOSFERE

Prva knjiga na srpskom jeziku koja obrađuje hemijske procese u atmosferi, uzroke i posledice toga. Problematika za koju su F.Š.Roulend, M.Molina i P.Krucen dobili Nobelovu nagradu za hemiju 1995.godine.

Zašto dolazi do oštećenja ozonskog omotača Zemlje? Zašto dolazi do pregravanja sistema zemljina površina - atmosfera a time i do promene klime na zamlji? Koji su hemijski procesi u troposferi i stratosferi i koje komponente učestvuju u njima? Ove i mnoge druge podatke sadrži neko od poglavlja ove knjige kod čije pripreme su korišćena sva dosadašnja otkrića i saznanja iz ove oblasti koja su publikovana u svetu.

Knjiga, koja se temelji na 234 literatura citata, grafički prikaz i 36 tabelarna prikaza, izvor je velikog broja podataka i temeljno štivo za sve one koji se bave ili koje interesuje ova moderna oblast hemije.

Izdavač knjige je Rudarski institut, Beograd preko koga se knjiga može naručiti.

PORUDŽBENICA (popuniti štampanim slovima)

Iznos od _____ dinara uplaćen je na žiro račun br. 40805-603-9-22550 na ime Rudarski institut, 11080 Beograd, Batajnički put br. 2 (tel: 011/195-112). Uplatnicu šaljem u prilogu.

NARUČILAC _____

INSTITUCIJA _____

ADRESA _____

TELEFON _____

DATUM _____

Potpis naručioca

Knjiga sadrži šest poglavlja, koja pored ostalog, sadrže:

- Atmosfera, karakteristika i temperaturni profil
- Podaci o najvažnijim polutantima koji se emituju u atmosferu (čestice, sumporna jedinjenja, ugljen-monoksid, oksidi azota, VOJ, fotohemski oksidanti, hlor, hlorofluorougljenici, metali i ugljen-dioksid)
- Hemski procesi u atmosferi: nastanak fotohemskog smoga, reakcije pojedinih komponenata u atmosferi (sumpor-dioksida, oksida azota, PUA), uloga OH i HOO radikala, oksidacioni kapacitet atmosfere
- Oštećenje ozonskog omotača atmosfere (ozonski omotač Zemlje, nastanak i sadržaj ozona u stratosferi, oštećenje ozonskog omotača, komponente koje u tome učestvuju, destrukcija ozona u polarnoj stratosferi)
- Promena temperature sistema zemljina površina-atmosfera, efekat pregrijanja atmosfere, gasovi koji u tome učestvuju i hemski procesi koji do toga dovode, promena klimatskih uslova na Zemlji
- Metode i uredaji koji se koriste za ispitivanja hemskih procesa u atmosferi
- Kakvo se ekološko nasleđe ostavlja budućim generacijama i šta se može očekivati, kada je u pitanju životna sredina, u sledećem veku i milenijumu?

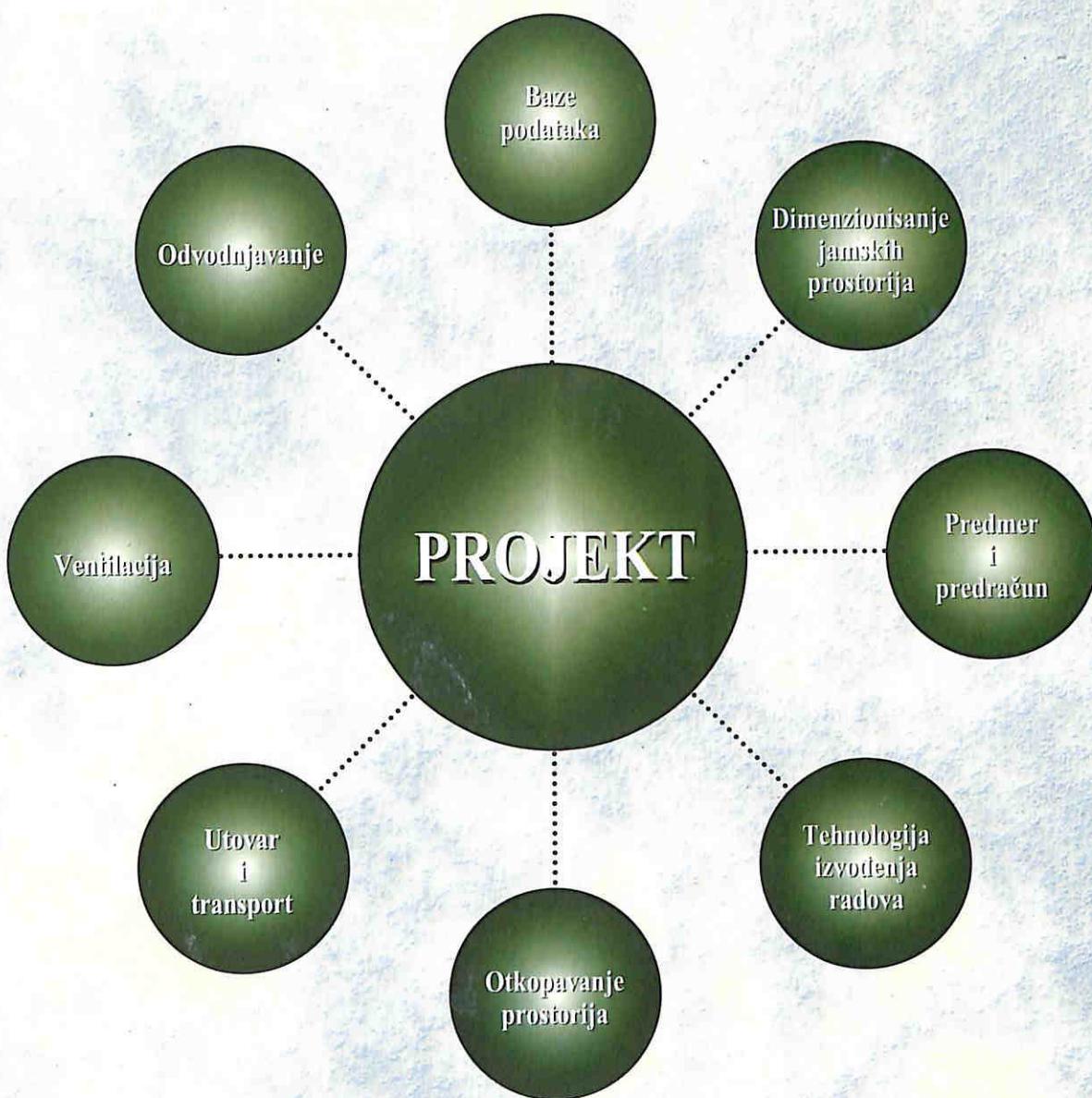
ovde iseci

mesto
za
marku

RUDARSKI INSTITUT
Batajnčki put 2
11080 Beograd

PROGRAMSKI PAKET

OMOGUĆAVA BRŽE I EFIKASNIJE PROJEKTOVANJE PODZEMNIH RUDARSKIH RADОVA



U OKVIRU PROGRAMA PRIKAZANE SU POJEDINE FAZE TEHNOLOŠKOG PROCESA
KAKO ZA PRIPREMNE OBJEKTE ISTO TAKO I ZA OTKOPAVANJE.

PROJEKT

PAKET

RUDARSKI

INSTITUT



**Primena rezultata naučno istraživačkog rada,
konsalting i inženjering u:**

- Eksplotacija mineralnih sirovina
- Zaštiti životne sredine
- Termotehnici i energetici
- Građevinarstvu u rudarstvu



RUDARSKI INSTITUT
Beograd, Batajnički put 2
Jugoslavija
Tel: (011) 195-112, 198-112
Fax: 614 - 632