



mines engineering

UDC 622 YU ISSN 1451-0162

RUDARSKI RADOVİ

1/2009

komitet za podzemnu eksplotaciju mineralnih sirovina

KOMITET ZA PODZEMNU EKSPLOATACIJU MINERALNIH SIROVINA
COMMITTEE OF UNDERGROUND EXPLOITATION OF THE MINERAL DEPOSITS

RUDARSKI RADOVI (M – 52)

Izдавач:

Komitet za podzemnu eksploataciju mineralnih sirovina Resavica-Republika Srbija
Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor,
Naučno-tehnološka Informatika

Za izdavača:

Dr Mirko Ivković – viši naučni saradnik

Redakcioni odbor:

Prof. dr Živorad Milićević
Akademik prof. dr Mladen Stjepanović
Dr Milenko Ljubojev, naučni savetnik
Prof. dr Vladimir Bondarenko,
Nacionalni rudarski univerzitet, Odeljenje za
podzemno rudarstvo, Ukrajina
Dr Mirko Ivković, viši naučni saradnik
Prof. dr Miroslav Ignjatović, naučni savetnik
Prof. dr Milivoje Vučić, Univerzitet u Ljubljani, Slovenija
Dr Miroslav R. Ignjatović, viši naučni saradnik
Prof. dr Jerzy Kicki, Državni institut za mineralne
sirovine i energiju, Krakov, Poljska
Prof. dr Tajduš Antoni, Stanislavov univerzitet za
rudarstvo i metalurgiju, Krakov, Poljska
Dr Dragan Zlatanović
Dr Mile Bugarin, viši naučni saradnik
Prof. dr Dušan Gagić
Dr Miodrag Denić
Prof. dr Nebojša Vidanović

Izdavački savet:

Dr Milenko Ljubojev, naučni savetnik
Mr Radivoje Milanović
Prof. dr Radoje Pantović
Prof. dr Vitor Milić
Dr Dragan Urošević, viši naučni saradnik
Savo Perendić, dipl.inž.
Mr Zlatko Dragosavljević, dipl.inž.
Siniša Tanacković, dipl.inž.
Mr Jovo Miljanović

Glavni i odgovorni urednik:

Dr Milenko Ljubojev, naučni savetnik,
dopisni član JINA

Zamenik glavnog i odgovornog urednika:

Dorde Stanković, dipl.inž. spec. za AOP

Urednik:

Vesna Marjanović, dipl.inž.

Lektor:

Ljubiša Aleksić, prof.

Tehnički urednik:

Suzana Cvetković

Adresa redakcije:

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
19210 Bor, Zeleni bulevar 35
Tel. 030-435-198, Fax: 030-435-175
E-mail: ntii@irmbor.co.rs

Priprema za štampu:

Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor
Ljiljana Mesarec

Štampa: Grafomedtrade Bor

Tiraž: 100 primeraka

MINES ENGINEERING (M – 52)

Publisher:

Committee Of Underground Exploitation Of
The Mineral Deposits Resavica
Mining and Metallurgy Institute,
Scientifictechnological Informatics

For publisher:

Dr. Sc. Mirko Ivković

Editorial Board:

Prof. Dr. Sc. Živorad Milićević
Academ. Prof. Dr. Sc. Mladen Stjepanović
Dr. Sc. Milenko Ljubojev
Prof. Dr. Sc. Vladimir Bondarenko,
National Mining University,
Department of Deposit Mining, Ukraine
Dr. Sc. Mirko Ivković
Prof. Dr. Sc. Miroslav Ignjatović
Prof. Dr.Sc. Milivoje Vučić, Univ. of Ljubljana, Slovenia
Dr. Sc. Miroslav R. Ignjatović
Prof. Dr. Sc. Jerzy Kicki , Instytut Gospodarki
Surowcami Mineralnymi i Energia,
Krakow, Poland
Prof. Dr. Sc. Tajduš Antoni , The Stanislaw
University of Mining and Metallurgy,
Krakow, Poland
Dr. Sc. Dragan Zlatanović
Dr. Sc. Mile Bugarin
Prof. Dr. Sc. Dušan Gagić
Dr. Sc. Miodrag Denić
Prof. Dr. Sc. Nebojša Vidanović

Publishing Council:

Dr. Sc. Milenko Ljubojev
M. Sc. Radivoje Milanović
Prof. Dr. Sc. Radoje Pantović
Dr. Sc. Vitor Milić
Dr. Sc. Dragan Urošević
B. Sc. Savo Perendić
M. Sc. Zlatko Dragosavljević
B. Sc. Siniša Tanacković
M. Sc. Jovo Miljanović

Editor-in-chief:

Dr. Sc. Milenko Ljubojev

Executive editor in chief:

B.Sc. Dorde Stanković

Editor:

B.Sc. Vesna Marjanović

Proofreading:

Ljubiša Aleksić, prof.

Technical Editor:

Suzana Cvetković

Editorial office address:

Mining and Metallurgy Institute Bor
19210 Bor, 35 Zeleni bulevar
Phone: 030-435-198, Fax: 030-435-175
E-mail: ntii@irmbor.co.rs

Preparation for printing:

Mining and Metallurgy Institute,
Ljiljana Mesarec

Printed in: Grafomedtrade Bor

Circulation: 100 copies

Vodeći nacionalni časopis iz oblasti eksploracije mineralnih sirovina „RUDARSKI RADOVI“
po mišljenju Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine zaveden pod brojem 413-00-1550-2011-01

UDK: 551.681.51(045)=861

Radmilo Rajković, Daniel Kržanović*, Vladan Marinković**

GEOLOŠKA INTERPRETACIJA LEŽIŠTA „DEO“ DONJA BELA REKA PROGRAMOM GEMCOM 6.1.3

THE GEOLOGICAL INTERPRETATION OF ORE „DEO“ DONJA BELA REKA WITH BLOCK-MODEL IN SOFTWARE GEMCOM 6.1.3

Izvod

U radu je prikazana geološka interpretacija ležišta „Deo“ Donja Bela Reka blok – modelom u programu Gemcom 6.1.3. Objasnjen je blok – model i prikazano njegovo formiranje na osnovu podataka iz istražnih bušotina pravljnjem kompozita i variograma prostorne distribucije elemenata.

Ključne reči: Gemcom 6.1.3, blok – model ležišta, peščar

Abstract

In this work is showed geological interpretation of ore body „Deo“ Donja Bela Reka with block - model in software Gemcom 6.1.3. Block- model is annotated and is showed its formatting on foundation data from investigative boreholes, with making composites and variograms of range distribution of elements.

Key words: Gemcom 6.1.3, block – model of ore body, sandstone

UVOD

Razvojem računarske tehnike, tokom „informatičke revolucije“ sredinom osamdesetih godina dvadesetog veka pojavili su se prvi programski paketi specijalizovani za oblasti geologije i rudarstva.

Danas su ti programi evoluirali u izuzetno moćan i koristan alat čiji je cilj skraćivanje vremena potrebnog za izradu geomodela istraživanog ležišta, ušteda novca i što detaljniji 3D-prikaz rudnih tela. Jedan od tih programa je i Gemcom 6.1.3 koji predstavlja specijalizovani softver za 3D-modeliranje površinskih kopova.

Program Gemcom 6.1.3 koristi se za geološko modeliranje ležišta i obračun

geoloških i eksploracionih rezervi, kao i za projektovanje površinskih kopova i određivanje dinamike otkopavanja.

Prvi korak pri projektovanju površinskog kopa je geološko modeliranje ležišta na osnovu podataka dobijenih istražnim radovima.

Po definisanju geološkog modela ležišta, pristupa se konstrukciji kopa i dinamici otkopavanja.

BLOK – MODEL LEŽIŠTA

Detaljna geološka istraživanja kvarenih peščara ležišta „Deo“ Donja Bela Reka, metodom istražnog bušenja, vršena su sa

*Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

38 bušotina ukupne dužine bušenja od 3 382,4 m.

Bušotine su postavljane na paralelnim vertikalnim profilima sa međusobnim rastojanjima u proseku od 50 do 80 m, između bušotina za rezerve „B“ kategorije. Za rezerve „C1“ kategorije rastojanja su bila u granicama prema Pravilniku za ležišta I grupe, I podgrupe. U nastavku treće faze (oko 300 m severno od poslednjeg istražnog profila u okviru ležišta) izbušeno je 5 bušotina. Ukupna dužina bušenja bila je 369 m. Rastojanja između bušotina bila su oko 330 m. Ovim

bušotinama je potvrđeno pružanje kvarcnih peščara dalje u pravcu severa.

Podaci iz istražnih bušotina–prostorni položaj i dužina bušotina, litologija i sadržaji komponenti–uneseni su u Gemcom 6.1.3. Na osnovu sadržaja komponenti proračunati su kompoziti srednjih vrednosti komponenti po etažama – slika br. 1. Na osnovu istražnih bušotina definisani su solidi kvaliteta – slika br. 2.

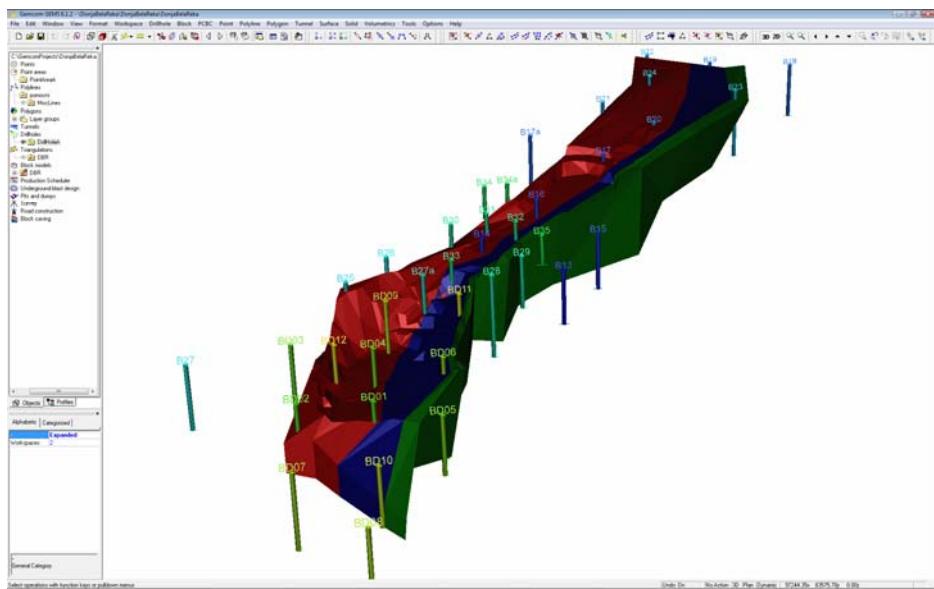
Zavisnost promene vrednosti komponenti sa rastojanjem od bušotina definisana je 3D variogramima – slike br. 3 i 4.

The screenshot displays the Gemcom GEMS 6.1.2 software interface. The main window title is "Gemcom GEMS 6.1.2 - \DonjaBelaReka\DonjaBelaReka\DonjaBelaReka\DrillHoleA". The left sidebar lists project objects: Points, Point areas, Polygons, Polygons, Layer groups, Tunnels, Drillholes, Triangulations, DBR, Block models, DBR, Production Scheduler, Underground-blast design, Pits and dumps, Survey, Road construction, and Block caving. The central workspace shows two tables. The top table is titled "DrillHoles" and lists 29 holes (B13-B29) with their coordinates and lengths. The bottom table is titled "Profiles" and lists 13 profiles (B19-B33) with their start and end points, component IDs, and chemical analysis values (SiO2, Fe2O3, Al2O3, CaO).

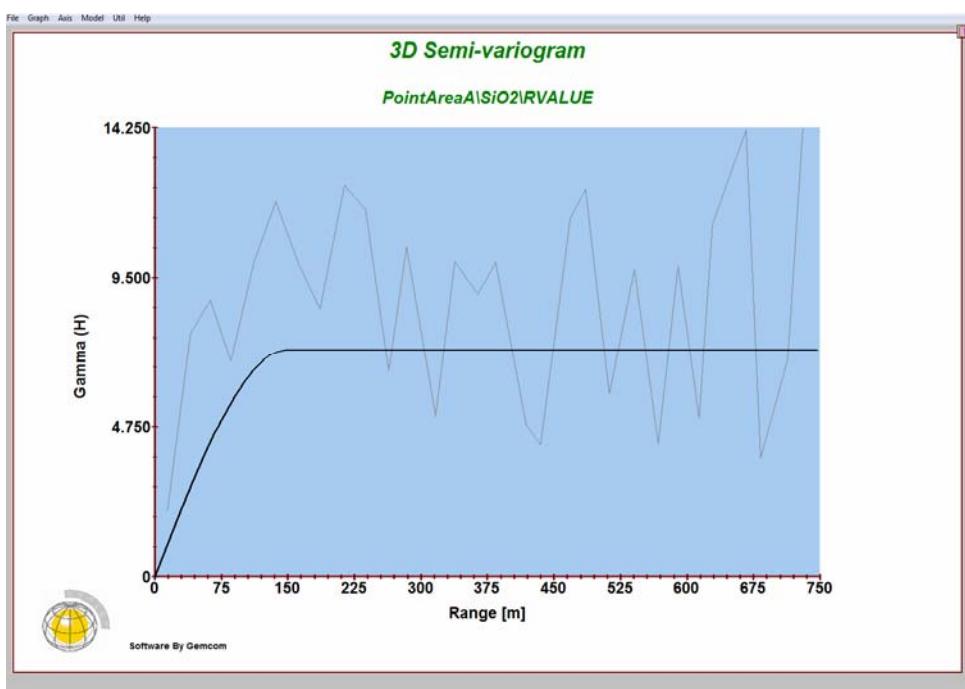
HOLE-ID	LOCATION[X]	LOCATION[Y]	LOCATION[Z]	LENGTH
1 B13	97202.39	82815.56	379.94	62.00
2 B14	97095.13	82812.44	389.13	115.00
3 B15	97179.56	82904.82	383.66	66.00
4 B16	97084.75	82918.78	396.63	100.00
5 B17				
6 B17a	96965.50	83056.40	401.00	101.90
7 B18				
8 B19	96967.80	83432.10	387.20	114.50
9 B20	97048.40	83191.60	394.20	98.10
10 B21	96970.39	83192.53	402.87	136.00
11 B22	96986.50	83431.50	378.80	136.10
12 B23	97086.03	83312.15	407.56	86.00
13 B24	96956.29	83311.24	400.45	119.50
14 B25	97047.39	82653.79	383.80	102.60
15 B26	97047.07	82715.55	389.25	83.60
16 B27	97000.00	82475.20	350.00	73.50
17 B27a	97057.65	82715.56	382.43	90.00
18 B28	97149.29	82763.29	378.57	94.00
19 B29	97153.18	82807.57	384.87	59.00
20 B30	97053.36	82810.98	394.67	101.00
21 B31	97064.85	82856.62	394.29	100.00
22 B32	97102.54	82860.22	393.29	97.30
23 B33	97100.44	82756.84	385.05	94.00
24 B34	97015.80	82911.63	396.50	40.00
25 B34a	97035.99	82927.40	399.55	34.50
26 B35	97142.52	82855.02	389.82	35.50
27 B36	96869.44	83731.76	400.80	73.70
28 B37	96727.55	84031.59	420.10	110.00
29 B38	96638.90	84327.93	435.20	88.00
...				
...	84740.61	84629.17	433.80	60.00

HOLE-ID	FROM	TO	COMP-ID	LENGTH	SiO2	Fe2O3	Al2O3	CaO
1 B19	0.00	2.20	E390	0.20	93.86	3.46	1.86	0.27
2 B19	2.20	12.20	E380	10.00	94.38	4.33	1.60	0.16
3 B19	12.20	22.20	E370	10.00	94.01	4.81	1.40	0.10
4 B19	22.20	32.20	E360	9.80	92.97	0.82	3.95	0.29
5 B19	32.20	42.20	E350	8.20	93.37	0.65	2.89	0.11
6 B19	42.20	52.20	E340	10.00	92.53	1.37	4.26	0.13
7 B19	52.20	62.20	E330	10.00	92.57	1.21	4.16	0.15
8 B19	62.20	72.20	E320	10.00	88.84	0.86	6.59	0.10
9 B19	72.20	82.20	E310	10.00	88.98	0.67	5.74	0.17
10 B19	82.20	92.20	E300	10.00	89.40	0.91	5.39	0.19
11 B19	92.20	102.20	E290	7.80	88.28	0.93	5.15	0.13
12 B19	102.20	112.20	E280	NC	NC	NC	NC	NC
13 B19	112.20	114.60	E270	NC	NC	NC	NC	NC

Sl. 1. Kompozit sadržaja po etažama



Sl. 2 – Solidi kvaliteta kvarcnog peščara



Sl. 3 – Variogram prostorne distribucije SiO_2

Gem4win Software by GENCOM 09/01/16 13:27:49							
Donja Bela Reka Deo 3D Semi-Variogram Report Page 1							
3D Semi-variogram							
Description : PointAreaA\SiO2\RVALUE Extraction Filename : \ Value Used : Real Value Transformation : None							
Azimuth :	0.000	Dip Angle :	0.000	Spread :	90.000	Bottom Elevation :	249.999
Top Elevation :	390.000	Lower Cutoff :	80.000	Upper Cutoff :	98.089	Corridor Width :	0.000
Corridor Height :	0.000	1st Class Value :	0.000	Class Intervals :	25.000	Title :	Semi-Variogram 1
Extraction Filename : PointAreaA\SiO2\RVALUE Description : \ Summary Statistics							
Total Number of Samples Used :	145	Population Mean :	93.409166	Population Variance :	8.888930	Population Standard Deviation :	2.981431
Total number of sample pairs used:	10187	Average Distance Apart :	272.664096				
CLASS INTERVAL FROM	TO	SAMPLE PAIRS	MEAN	AVERAGE DISTANCE	DRIFT	GAMMA	
						GAMMA (LMS)	
						GAMMA (PMS)	
						GAMMA (FV)	
0.00	25.00	231	93.4063	14.34	0.1551	2.1082	
25.00	50.00	336	93.4049	39.99	1.4599	7.7453	
50.00	75.00	737	93.2788	62.99	0.2266	8.7817	
75.00	100.00	505	93.7527	85.87	1.2371	6.8489	
100.00	125.00	978	93.2314	112.08	0.7651	10.0198	
125.00	150.00	499	92.7242	136.44	0.4162	11.9211	
150.00	175.00	982	93.5594	161.74	-0.2481	9.9664	
175.00	200.00	270	93.9139	186.48	-0.2873	8.5201	
200.00	225.00	618	93.4977	213.55	-0.0498	12.4362	
225.00	250.00	391	93.1955	237.96	-0.3608	11.6503	
250.00	275.00	681	93.8284	263.89	0.5494	6.5203	
275.00	300.00	938	93.4590	283.80	0.6195	10.4883	
300.00	325.00	203	93.1025	316.31	-1.1220	5.0880	
325.00	350.00	598	93.4405	345.14	-0.2594	10.9866	
350.00	375.00	227	93.2665	364.48	-2.0359	8.9882	
375.00	400.00	284	93.5933	384.31	1.6141	9.9813	
400.00	425.00	224	94.5055	418.25	1.0569	4.8101	
425.00	450.00	217	94.1388	434.73	0.2880	4.1844	
450.00	475.00	248	92.7092	468.60	-0.6301	11.3971	
475.00	500.00	262	92.2565	485.86	-2.9977	12.2892	
500.00	525.00	332	93.9178	512.45	1.5013	5.7933	
525.00	550.00	169	94.5562	541.03	2.8765	9.7717	
550.00	575.00	130	93.3045	567.24	-0.0918	4.2247	
575.00	600.00	168	92.4686	589.92	-1.5979	9.8812	
600.00	625.00	216	92.7312	613.45	-0.1685	5.0310	
625.00	650.00	111	93.0032	628.72	-1.7517	11.1780	
650.00	675.00	198	94.3131	666.47	4.2910	14.1860	
675.00	700.00	99	93.1706	682.90	0.6342	3.7763	
700.00	725.00	65	92.6973	713.65	1.4630	6.8947	
725.00	750.00	137	91.7170	730.43	-1.9528	14.2502	

Sl. 4 – Analitički izveštaj prostorne distribucije SiO_2

Interpretacija ležišta i okolnog prostora u obliku blok-modela, podrazumeva podelu prostora koji zahvata ležište na blokove pravilnih dimenzija. Veličina bloka je uslovljena brojnim faktorima. Blokovi ne smeju biti suviše mali jer se na taj način povećava greška proračuna. Takođe, veličina bloka zavisi i od metode ekstrapolacije. Imajući u vidu sve ovo, usvojena veličina blokova odgovara visni etaže $10 \times 10 \times 10$ m. Izradom blok-modela definisane su za svaki blok sledeće vrednosti:

- vrsta stene,
- zapreminska masa,
- sadržaj osnovne korisne komponente (SiO_2) kao i pratećih komponenti (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO , MgO , Na_2O , K_2O , TiO_2 , S , SO_3 , Cr_2O_3).

Određivanje sadržaja SiO_2 u blokovima započeto je izradom vario-grama koji predstavljaju osnovu za proračun. Vario-gram je moguće urediti iz svih odabralih pojedinačnih ili kompo-zitnih proba. Za ležište kvarcnog peščara „Deo“ Donja

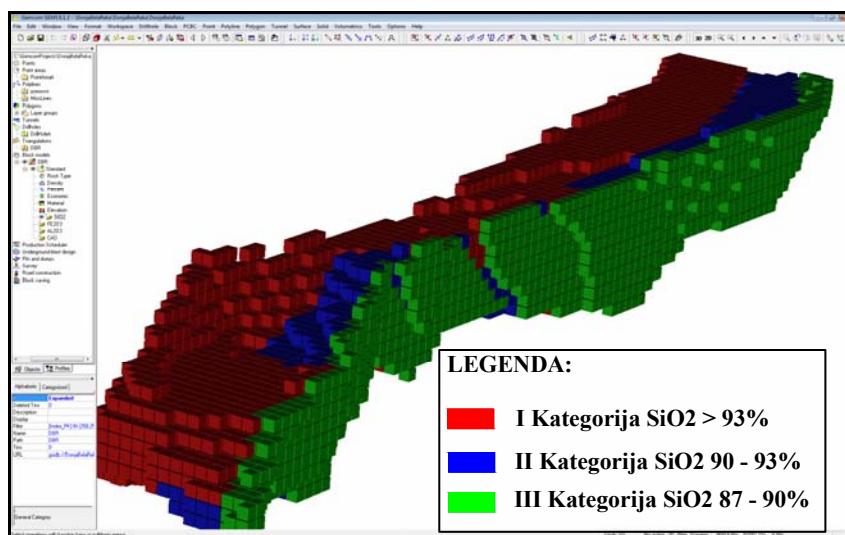
Bela Reka urađeni su variogrami za: SiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , CaO za sve pravce i to za I i II klasu kvaliteta. Sa ovim variogramima, pri proceni blok-modela, dobijeni su najveći koeficijenti korelacije i najveća slaganja srednjih i procenjenih vrednosti. Za III klasu kvaliteta variogrami nisu rađeni s obzirom na to da ne postoji dovoljan broj podataka potreban za analizu, tako da je usvojen sadržaj od 85% SiO_2 , kao srednji, za sve blokove ove klase.

Procena blok-modela može se raditi na više načina, u zavisnosti od metode koja je ocenjena kao adekvatna za utvrđeni tip mineralizacije. Metode koje se mogu koristiti su: krigovanje, uprošćeno-indikator krigovanje za uprošćeni model, složeno indikator-krigovanje za složeni model, inverzna rastojanja i inverzna rastojanja sa anizotropijom. U dosadašnjem radu, najčešće upotrebljavani metodi procene su krigovanje i metoda inverznih rastojanja.

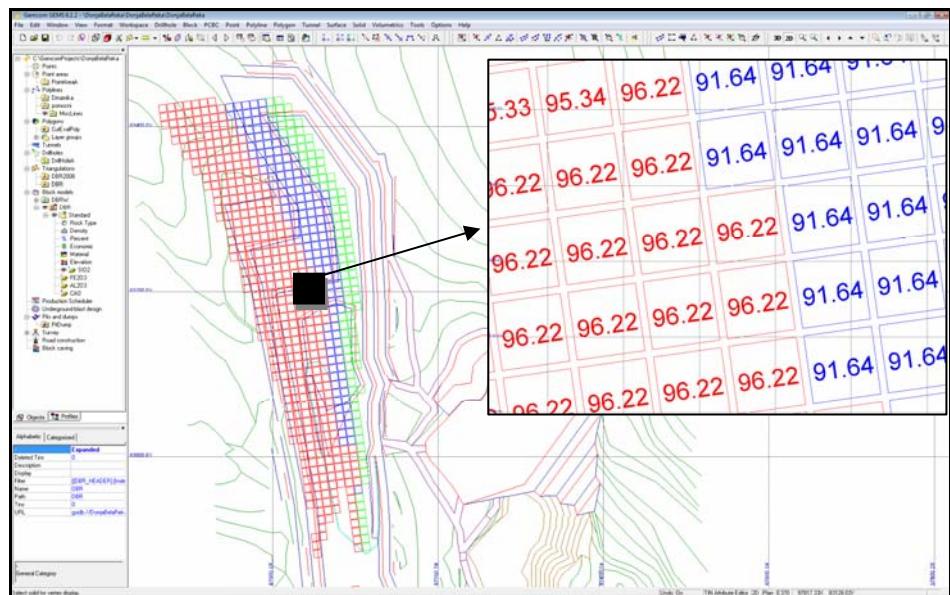
Pre nego što je izvršeno krigovanje, morao se definisati način obrade podataka tj. na koji način i sa kojim parametrima se kriguje. Najbolji presek za krigovanje izabran je pomoću metode unakrsnih

validacija – potvrda (Cross validation), koja je programirana specijalno za tu namenu. Princip metode je procena poznatih vrednosti korisne komponente u određenom bloku na osnovu okolnih vrednosti. Na taj način dobijaju se procenjene vrednosti u tom bloku, koje je moguće korelisati sa realnim vrednostima, odnosno sadržajima korisnih komponenti dobijenih hemijskim analizama uzetih proba. Praktično, postupak se vrši za sve probe iz istražnih bušotina. Ovaj postupak je urađen za sve dobijene variograme i definisane preseke krigovanja. Kao krajnji rezultat, dobija se korelacija između pravih i računatih vrednosti, odnosno koeficijenti korelacije. Metode za koje se utvrdi najviši koeficijent korelacije uzimaju se kao najpouzdanije za interpretaciju ležišta.

Rezultat interpretacije ležišta i izrade blok-modela je 3D-model nad kojim je moguće vršiti proračune rezervi, kako geoloških tako i eksploatacionih – slike br. 5 i 6. Ovako kreiran blok-model se koristi kao osnova za dalji rad odnosno projektovanje površinskih kopova i rudarskih objekata.



Sl. 5 – 3D-prikaz blok-modela sadržaja SiO_2



Sl. 6 – Blok-model sadržaja SiO_2 na etaži E360

ZAKLJUČAK

Važan činilac upotrebe programa Gemcom 6.1.3 je relativno laka i brza promena parametara vezanih za geološku interpretaciju ležišta unošenjem novih podataka u bazu bušotina.

Takođe je značajno mnogo kraće vreme izrade geološkog modela ležišta u odnosu na klasično projektovanje.

Programom Gemcom 6.1.3 u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor modelirano je mnogo ležišta, prvenstveno ležišta bakra – „Veliki Krivelj“, „Cerovo-Cementacija“, „Rudnik bakra Majdanpek“, kao i površinski kopovi nemetaličnih mineralnih sirovina i površinski kopovi uglja.

LITERATURA

- [1] Dopunski rudarski projekat otkopavanja kvarcnih peščara ležišta “Deo” Donja Bela Reka, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2008.
- [2] M. Perišić, Primenjena geostatistika – Knjige 1 i 2, Rudarski institut Beograd, 1983.
- [3] S. W. Houlding, Practitcal geostatistics – modeling and spatial analysis, 1999.
- [4] Gemcom manual, 1995 – 2007 Gemcom Softvare International
- [5] D. Kržanović, Z. Vaduvesković, Definisanje blok-modela ležišta kalcita „Potaj Čuka“ primenom programskog paketa Gemcom, Casopis „Rudarski radovi“ br. 1; 2007. god.

UDK: 551:622.343(045)=861

Daniel Kržanović, Radmilo Rajković*, Vladan Marinković**

**GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE, MODELIRANJE I TEHNIČKO
REŠENJE OTKOPAVANJA TEHNOGENOG LEŽIŠTA BAKRA
„DEPO ŠLJAKE 1“ U BORU**

**GEOLOGICAL CHARACTERISTICS, MODELLING AND
TECHNICAL SOLUTION OF EXCAVATION TECHNOGENY
COPPER DEPOSIT „DEPO ŠLJAKE 1“ IN BOR**

Izvod

U radu su date geološke karakteristike tehnogenog ležišta „Depo šljake 1“, modeliranje ležišta - izrada blok-modela, konstrukcija kopa i obračun masa u konturi kopa primenom softvera za projektovanje **Gemcom 6.1.3** i dat je predlog uvođenja nova tehnologije otkopavanja.

Ključne reči: tehnogeno ležište bakra, modeliranje ležišta, nova tehnologija otkopavanja, softver *Gemcom*.

Abstract

In this paper is given geological characteristics of technogenic copper deposit „Depo šljake 1“, orebody modelling –block model creation, open pit design and accounting minable reserves by using software for designing **Gemcom 6.1.3** and it is given a proposal for new excavation technology.

Key words: technogenic copper deposit, block modelling, new excavation technology, software *Gemcom*.

UVOD

Iz ležišta bakra Bor, od početka prošlog veka, otkopano je ukupno 146.270.000 t rude bakra iz koje je ekstrahovano 2.437.000 t metala bakra, 139.140 kg zlata i 415.000 kg srebra**. Pri metalurškoj preradi rude i koncentrata, deo bakra i plemenitih metala – zlata, srebra i dr. ostao je u nusproduktu – metalurškoj šljaci. To je potvrđeno, kako metalbilansom, tako i probnim otkopavanjem šljake.

Tehnogeno ležište bakra „Depo šljake 1“ (tretiran je kao tehnogeno ležište mineralnih sirovina, s obzirom na sadržaje korisnih komponenti u njemu i mogućnosti njihove valorizacije) jedna je od 4 deponije šljake u industrijskom krugu TIR-a (Topionice i rafinerije) u Boru. Označeno je brojem 1, jer je najznačajnija i najveća deponija šljake iz plamenih peći. Na „Depou šljake 1“, šljaka je odlagana do 1997. godine.

* Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**Podaci Sektora za geologiju RTB-a Bor

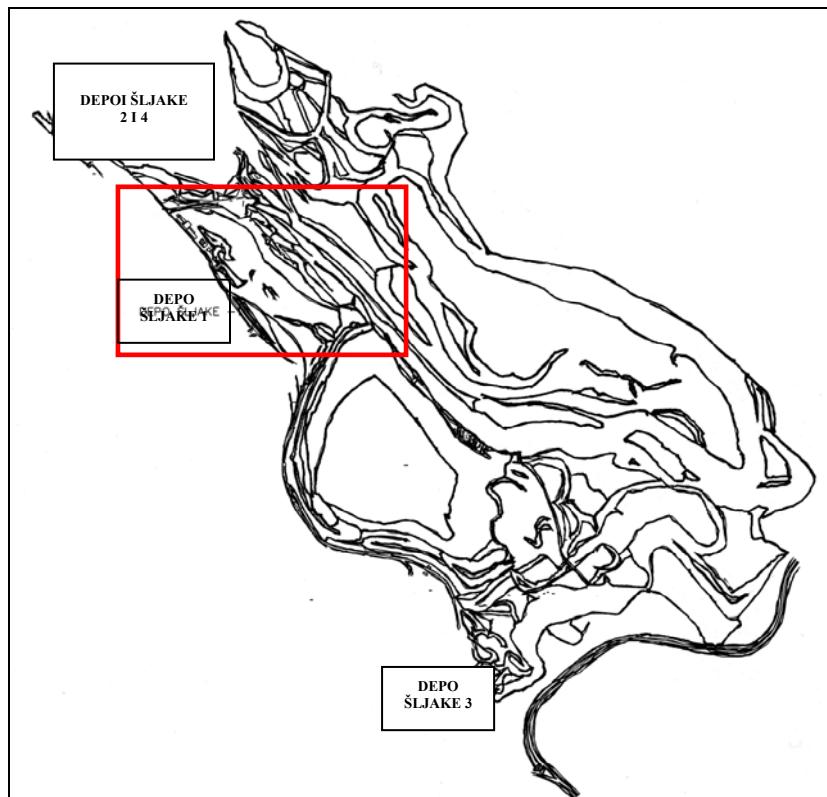
Druga po veličini je deponija šljake iz žaketnih peći, koja se nalazi u severo-zapadnom delu industrijskog kruga TIR, imenovana je kao „Depo šljake 2“. Procenjuje se da na „Depoa šljake 2“ ima oko 1,9 miliona tona šljake sa oko 12.000 t bakra.

Pri površinskom otkopavanju rudnog tela H, kao raskrivka, otkopan je jugoistočni deo „Depoa šljake 1“ i premešten u jugoistočni deo industrijskog kruga TIR-a. Na novonastaloj deponiji, označenoj kao „Depo šljake 3“, po proceni je oko 700.000 t šljake**.

Od 1997. godine šljaka iz plamenih peći odlaže se severozapado od „Depoa

šljake 1“, na deponiji koja je označena kao „Depo šljake 4“.

Mogućnost valorizacije bakra i pratećih komponenti iz metalurške šljake u Boru, uz prethodnu flotacijsku preradu, istražuje se od 1970. godine. Rešenja do kojih se došlo iskorišćena su najpre za reciklažu nekoliko desetina hiljada tona relativno bogatije šljake (sa sadržajem bakra do 4% i višim) iz konvertora i razne druge nestandardne šljake (nalepcu na kontejnerima za transport šljake i dr.). Pri tome je ispitivana i mogućnost valorizacije obične šljake iz plamenih peći, u kojoj je sadržaj bakra znatno niži i iznosi: 0,6-0,7%, ali su raspoložive količine znatno veće.



Sl. 1. Položaj tehnogenog ležišta bakra „Depo šljake 1“ u odnosu na ostale depoe šljake u krugu TIR-a Bor

GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA

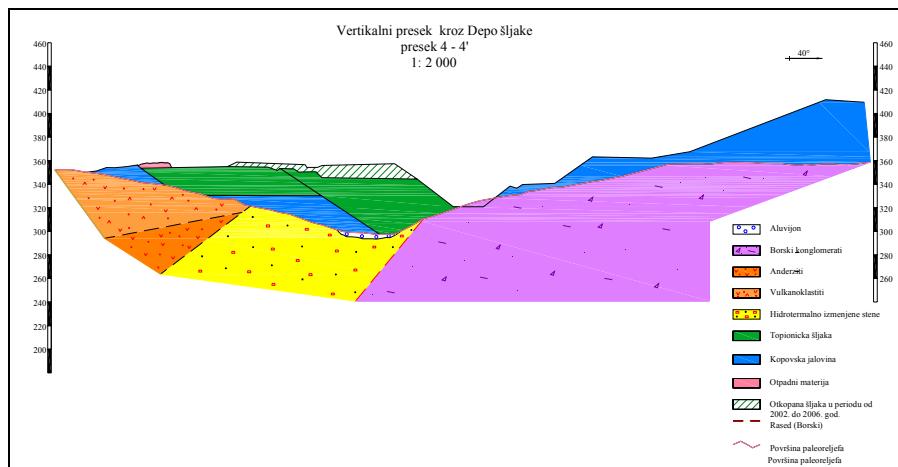
Tehnogeno ležište bakra „Depo šljake 1“ je izometričnog oblika, čija duža osa ima orijentaciju SZ-JI, a kraća JZ-SI. Dimenzija duže ose (SZ – JI) je oko 700 m, a kraće (JZ – SI) oko 200 m. U jugoistočnom delu graniči se sa flotacijskim jalovištem (u starom površinskom kopu rudnog tela H), dok se na severozapadu graniči sa „Depoom šljake 4“ na kome se, od 1997. godine, deponuje topionička šljaka iz plamenih peći. Severoistočnu granicu ležišta čini jalovište površinskog kopa, a jugozapadnu industrijska postrojenja TIR-a (Fabrika sumporne kiseline, topionička postrojenja i termoelektrana), te industrijska putna i železnička infrastruktura.

Geološke karakteristike tehnoteknogenog ležišta bakra „Depo šljake 1“ uslovljene su, pre svega, neposrednom podlogom na kojoj su deponovane, kao i načinom obravnavanja deponije. Neposredna podloga deponije su najvećim delom, takođe, tehnoteknogeni materijali (stenska otkrivka pri po-

vršinskoj eksploataciji - „kopovska jalovina“ i dr.) prethodno deponovani u koritu Borske reke, dok su samo malim delom neposredno ispod šljake geogene tvorevine (borski konglomerati, vulkano-klastične stene i aluvion). Deponija je stvarana sukladnim izlivanjem užarenog rastopa šljake, pa je u tom pogledu slična izlivima lave (slika br. 2).

Šljaku tehnoteknogenog ležišta bakra „Depo šljake 1“ karakteriše heterogenost u pogledu fizičkih, mineraloških i hemijskih osobina. To je posledica raznovrsnosti ruda, koncentrata i topitelja koji su korišćeni u procesu topljenja, kao i tehnologije koje su primenjivane u relativno dugom periodu (do 1943. i do 1997. godine).

Na osnovu kvalitativnih mineraloških analiza utvrđen je sledeći mineralni sastav šljake: čvrsti sulfidni rastop (Cu-Fe), halkozin, pirit, bakar, kuprit, magnetit i minerali jalovine. Nemetalični minerali (jalovina) predstavljeni su stakлом sa pojavom različitih eutektičkih dendrita (fajalit i dr.). Najzastupljeniji rudni mineral je sulfidna faza „čvrsti sulfidni rastop Cu-Fe“.



Sl. 2: Karakteristični geološki presek ležišta bakra „Depo šljake 1“

Legenda: 1: Aluvion Borske reke; 2: Borski konglomerati; 3: Andeziti; 4: Vulkanoklastiti; 5: Hidrotermalno promenjeni vulkaniti; 6: Topionička šljaka deponovana do 1943; 7: Topionička šljaka deponovana posle 1943, do 1997; 8: Kopovska jalovina; 9: Otpad; 10: Otkopano; 11: Rased (u geogenoj podlozi šljake).

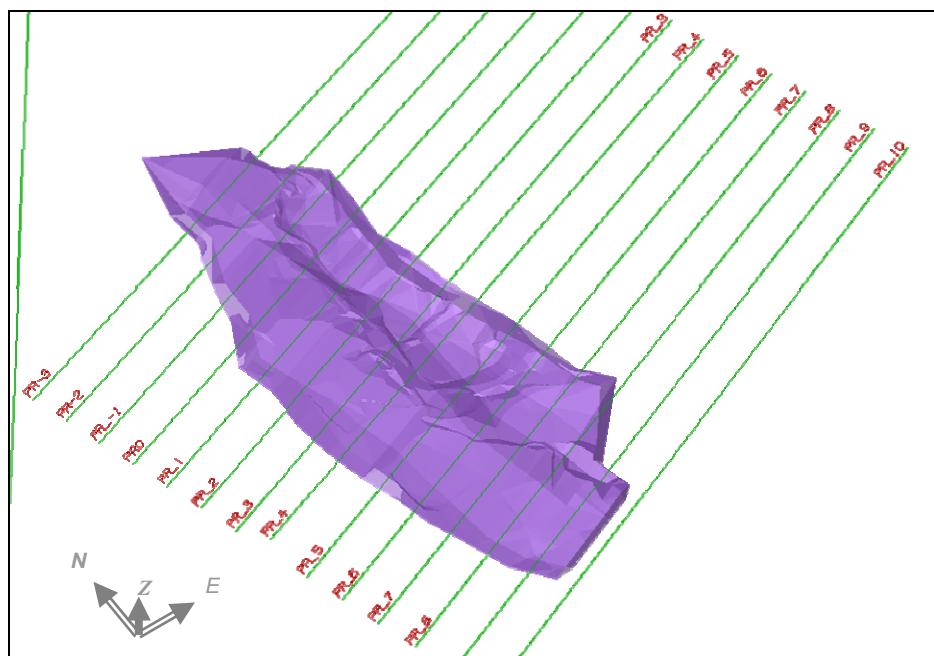
Na osnovu dosadašnjih podataka materijal prisutan u ležištu bakra „Depo šljake 1“ može se posmatrati kao nevezan do slabovezan, dezintegrисани materijal tehnogenog porekla, gledano sa stanovišta njegove eksploatacije. Ugao prirodne stabilnosti materijala u granicama je od 32° do 37° .

SOFTVERSKO MODELIRANJE LEŽIŠTA

Blok-model ležišta šljake „Depo šljake 1“, sačinjen je na osnovu geoloških profila. Blok-model sadrži mini-blokove dimenzija $10 \times 10 \times 10$ m, i to 35 kolona,

75 redova i 6 nivoa, koliko je, ustvari, definisan i broj etaža na kopu. To, dalje, znači da je ukupan broj mini-blokova u blok-modelu : $35 \times 75 \times 6 = 15\,750$ mini-blokova.

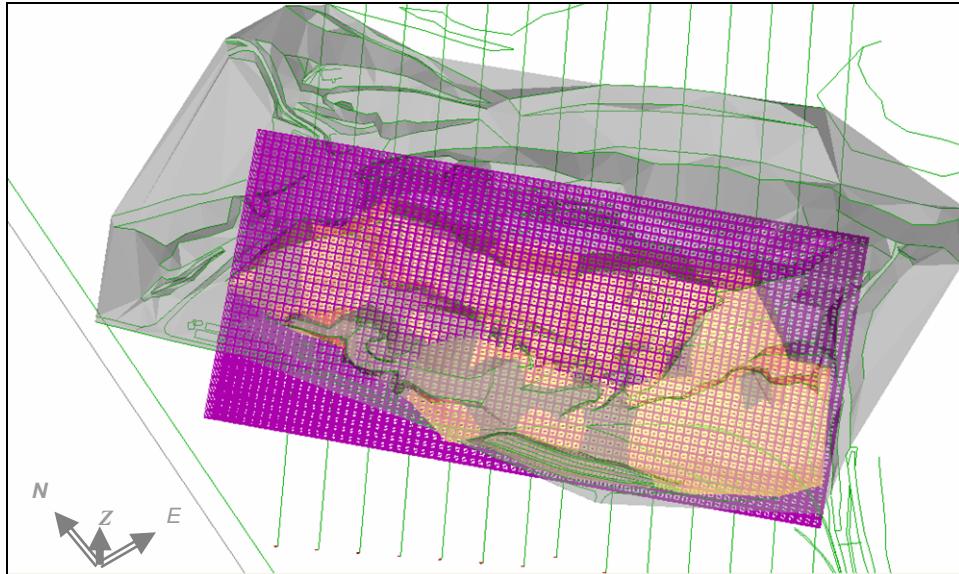
Na osnovu geoloških profila konstruisani su solidi. Solid je trodimenzionalni prikaz ležišta sa odgovarajućim atributima kao što su litološki kod, boja, sadržaj metala (Cu, Au, Ag), vrednost zapreminske mase. Solid je tačno definisan u prostoru koordinatama tačaka na solidu. Prikaz solida je na slici br. 3.



Sl. 3. Solid tehnogenog ležišta „Depo šljake 1“ na osnovu geoloških profila

Tehnogeno ležište „Depo šljake 1“ modelirano je u svrhu izrade dinamičkog razvoja rudarskih radova u pravcu i po dubini.

Na osnovu blok-modela, distribucije litoloških članova i sadržaja metala u njima, usmeravana i praćena eksploatacija ležišta u prostoru (slika 4).



Sl. 4. Prostorni položaj blok-modela u odnosu na topografiju

Blok-model sa modeliranim površinom terena i stanjem rudarskih radova u datom vremenskom trenutku – na kraju pojedinih perioda – godina, poslužio je i za detaljan obračun kako masa, tako i količina metala po godinama, i kao kontrolna metoda geološke interpretacije eksploatacionih rezervi ležišta.

KONSTRUKCIJA POVRŠINSKOG KOPA

Konstrukcija površinskog kopa „Depo šljake 1“ izvršena je na bazi overenih rudnih rezervi B i C1 kategorije primenom programskog paketa za projektovanje **Gemcom 6.1.3** u modulu Pit Design (slika br. 5).

Dno površinskog kopa je na 310 m. Najviša etaža je E 350, te je najveća dubina kopa H=50 m. Površinski kop je visinsko-dubinskog tipa.

Oblik površi-nskog kopa je elipsast, čija je duža osa 560 m, a kraća 240 m.

Prilikom konstrukcije kopa uzeta su u obzir prostorna ograničenja ležišta „Depo šljake 1“ i okolnih objekata radi očuvanja njihove stabilnosti. Tako je u severozapadnom delu kopa ostavljen zaštitni pojas prema pogonu Neutralizacije i magacinu Fabrike sumporne kiseline. U jugoistočnom delu kopa ostavljen je zaštitni pojas prema brani flotacijskog jalovišta u širini od 75 m kako ne bi došlo do potkopavanja i slabljenja brane. Takođe su u tom delu kopa konstruisani transportni putevi, čime se smanjuje ugao završne kosine ovog boka kopa i povećava njegova stabilnost, a time i stabilnost brane flotacijskog jalovišta.

Konstrukcija kopa izvršena je uz poštovanje dva uslova :

- maksimalnog iskorišćenja ležišta, uz minimalne količine jalovine i

- obezbeđenje potrebne sigurnosti, kako pri izvođenju rudarskih radova, tako i nakon završetka otkopavanja na površinskom kopu.

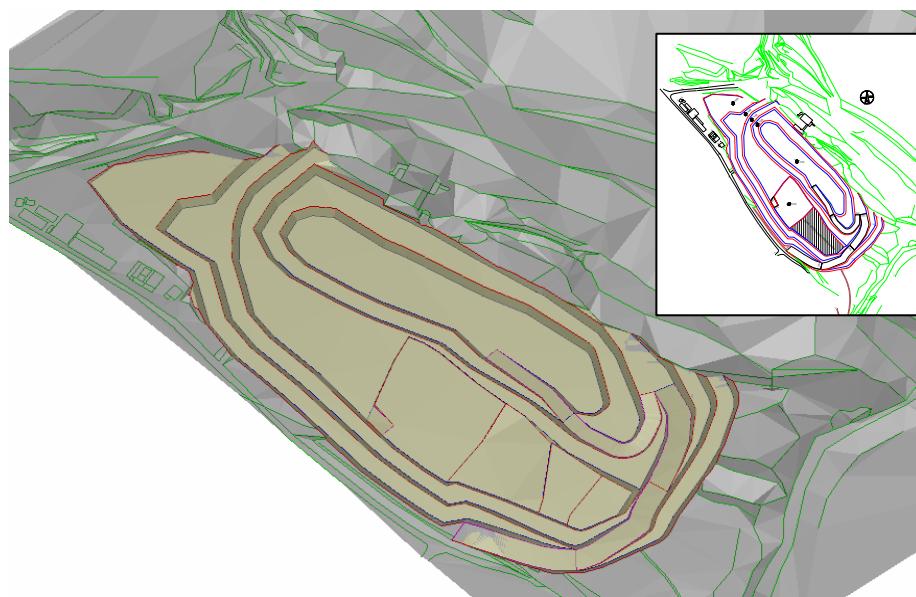
Geometrijski elementi površinskog kopa

- visina radne etaže 10 m
- ugao kosine radne etaže $\alpha=60^\circ$
- minimalna završna širina etažnih ravni 15 m
- širina transportnih puteva:

- jednosmernog transportnog puta 15 m
- dvosmernog transportnog puta 21 m
- ugao završne kosine kopa dat je u tabeli 1

Tabela 1. Ugao završne kosine kopa

Azimut ($^{\circ}$)	Vrednost ugla ($^{\circ}$)
45	26,5
135	21,4
225	17,5
315	16,5



Sl. 5. Izgled kopa na kraju veka eksploracije (2D i 3D prikaz)

OBRAČUN MASA U ZAHVATU POVRŠINSKOG KOPA

Obračun masa u konturi kopa po etažama urađen je primenom softvera

Gemcom 6.1.3, mod Volumetrics i prikazan je u tabeli 2.

Pomenutim alatom obračun je urađen na bazi blok-modela.

Tabela 2. Obračun masa šljake, „kopovske jalovine“ i iskopine u konturu kopa

Etaža	Šljaka				„Kopovska jalovina“, t	Iskopine, t
	Masa, t	Cu, t	Au, kg	Ag, kg		
350	1 696 038	12 126,67	478,28	7 632,17	18 050	1 714 088
340	2 730 973	19 526,50	770,13	12 289,40	2 300	2 733 273
330	2 380 041	17 017,30	671,16	10 710,19	19 550	2 399 591
320	1 186 319	8 482,18	334,54	5 338,44	31 610	1 217 929
310	581 717	4 159,29	164,05	2 617,74	1 100	852 817
Ukupno	8 575 088	61 311,94	2 418,16	38 587,94	72 610	8 647 698

TEHNOLOGIJA OTKOPAVANJA

Primjena tehnologija otkopavanja

Tehnologija otkopavanja šljake u dosadašnjem eksperimentalnom periodu je diskontinualna i sastoji se iz sledećih tehnoloških operacija :

- pripremnih radova za utovar šljake,
- utovara šljake,
- transporta šljake,
- odvodnjavanja i
- odlaganja jalovine.

Pripremni radovi za utovar šljake podrazumevaju zasecanje materijala plugom u tankim slojevima i guranje materijala buldozerom na čelo etaže gde se prave manje gomile. Sa ovih gomila šljaka se utovara utovarivačima (ULT 220 CK i Wagner ST6C - jamski utovarivač) u kamione tipa FAP (nosivost 20 t) i transportuje do postrojenja sekundarnog drobljenja u Flotaciji Bor. Specifikacija opreme koja se koristi za otkopavanje šljake data je u tabeli 3.

Tabela 3. Specifikacija opreme koja se koristi za otkopavanje šljake

Oprema	Broj
Buldozer CAT D8L	1
Utovarivač ULT 220 CK, zapremina kašike $3 m^3$	1
Utovarivač Wagner ST6C (jamski utovarivač), zapremina kašike $4,6 m^3$	1
Kamion FAP nosivosti 20 t	3
Kamion MT420 nosivosti 17 t (jamski kamion)	1
Cisterna za vodu, zapremina tanka 9000 l	1
Pumpa KSB HX – 125	4

Uvodjenje nove tehnologije otkopavanja

Osnovna odlika eksploatacije šljake u periodu eksperimentalne faze rada jeste neplanska organizacija proizvodnje na otkopavanju, bez jasno definišanih granica radnih etaža i redosleda

otkopavanja, a otkopavanje je kampa-njski, s obzirom na to da se „uhodava“ flotacijska prerada šljake u Flotaciji Bor. Takođe, flotacijska prerada jamske rude u Flotaciji Bor je prioritetna. Tehnologija otkopavanja koja se primenjuje u ovom

periodu odgovara zadatim kapacitetima i potrebama industrijskih ispitivanja šljake kao tehnogene sirovine.

Za otkopavanje šljake u narednom periodu predlaže se izmena tehnologije otkopavanja. Tehnologija otkopavanja ostaje i dalje diskontinualna, s tim što se, bez prethodne pripreme, vrši direktno kopanje i utovar materijala u transportna sredstva.

Nova tehnologija otkopavanja, po-red postizanja projektovanih kapaciteta na otkopavanju, ispunjava i osnovne zahteve :

- da proizvodnja tehnogene sirovine - šljake bude sigurna,
- pouzdana i
- da ima visok stepen zaštite životne okoline.

Pored toga, prednosti ovakve tehnologije otkopavanja su i pojednostava-

vljenje sistema eksploracije, smanjenje obima pomoćnih i pripremnih radova i smanjenje potrebe radne snage.

Predviđena tehnologija otkopavanja u skladu je sa potrebnim kapacitetom, fizičko-mehaničkim osobinama tehnogene sirovine (šljaka je definisana kao slabo vezivni šljunkovit materijal), konstruktivnim parametrima površinskih kopa i predviđenom opremom za rad na površinskom kopu „Depo šljake 1“.

Pored promene tehnologije otkopavanja, predviđa se primena nove opreme koja je znatno većeg kapaciteta u odnosu na opremu koja se koristi u dosadašnjem periodu rada površinskog kopa. To je, sa jedne strane, uslovljeno povećanjem kapaciteta otkopavanja sa oko 400.000 t na 1.200.000 t, a sa druge strane, potrebom za smanjenjem troškova eksploracije šljake. Specifikacija osnovne i pomoćne opreme data je u tabeli br. 4.

Tabela 4. Specifikacija nove osnovne i pomoćne opreme

Oprema	Broj
Hidraulični bager LIEBHERR R 984 C, zapremina kašike 5,7 m ³	1
Kamion VOLVO A40D nosivosti 37 t	3
Buldozer CAT D8	1
Cisterna za vodu, zapremina tanka 9000 l	1
Pumpa KSB HX – 125	4
Pumpa FLYGHT BS 2250 HT 53-431-00-0140	2

Direktno kopanje i utovar materijala obavljaće se hidrauličnim bagerom LIEBHERR R 984 C, zapremina kašike 5,7 m³, a transport tehnogene sirovine od površinskog kopa do platoa kod Novog izvoznog okna i „kopovske jalovine“ od kopa do odlagališta obavljaće se kamionima VOLVO A40D nosivosti 37 t.

Odlaganje „kopovske jalovine“ obavljaće se na postojećem odlagalištu, koje se formira u nastavku platoa Radionice Bor. „Kopovska jalovina“ transportovaće se istim kamionima, kojima se transportuje i šljaka.

Normativni materijal

U tabeli 5 dati su prosečni utrošci normativnog materijala u eksperime-

ntalnom radu na otkopavanju šljake. Promenom tehnologije otkopavanja postignuto je smanjenje utroška normativa – nafte i ulja i maziva, kao što je prikazano u tabeli 6.

Tabela 5. Prosečni utrošci normativnog materijala u eksperimentalnom radu na otkopavanju šljake

Vrsta materijala	Jedinica mere	Normativ
nafte	l/t	1,43868
ulja i maziva	l/t	0,07654

Tabela 6. Prosečni utrošci normativnog materijala primenom nove tehnologije otkopavanja šljake

Vrsta materijala	Jedinica mere	Normativ po godinama						
		1	2	3	4	5	5	7
nafte	l/t	1,128603	1,136800	1,141280	1,150537	1,146443	1,165274	1,159243
ulja i maziva	l/t	0,061104	0,061926	0,062240	0,062781	0,063036	0,063916	0,064148

ZAKLJUČAK

Prva sagledavanja mogućnosti otkopavanja i prerade topioničke šljake datiraju još od 1970. godine, a obavljena su u laboratorijskim i poluindustrijskim uslovima.

Od 2001. godine započinje eksperimentalna faza otkopavanja i prerade šljake sa ciljem valorizacije bakra i plamenih metala iz šljake plamenih peći u industrijskom postupku, sa prethodnom flotacijskom preradom. Do sada su dobijeni zadovoljavajući koncentrati bakra, sa znatnim sadržajem zlata i srebra. Dobijeni rezultati ukazuju na moguću rentabilnu valorizaciju korisnih komponenti, sa cenom bakra iznad 6000 \$/t, a samim tim i potrebu da se, pored postupaka flotacijske prerade, definiše i tehničko rešenje procesa otkopavanja tehnoge-nog ležišta „Depo šljake 1“. Prvi korak ka tome jeste izrada blok-modela ležišta.

Blok-model ležišta šljake „Depo šljake 1“, modeliran je na osnovu geoloških profila i služi kao osnova za konstrukciju površinskog kopa i obračun korisnih komponenti u ležištu.

Konstrukcija kopa izvršena je primenom softvera za projektovanje **Gemcom 6.1.3** uz poštovanje dva uslova: maksimalnog iskorišćenja ležišta, uz minimalne količine “kopovske jalovine” i obezbeđenje potrebne sigurnosti, kako pri izvođenju rudarskih radova, tako i nakon završetka otkopavanja na površinskom kopu.

Predložena promena postojeće tehnologije otkopavanja, sa izborom adekvatne opreme, jedan je od osnovnih uslova za postizanje godišnjeg kapaciteta od 1.200.000 t šljake, sa jedne strane i smanjenja troškova otkopavanja topioničke šljake, kroz smanjenje utroška osnovnog normativnog materijala nafte i ulja i maziva, sa druge strane.

LITERATURA

- [1] N. Popović, Naučne osnove projektovanja površinskih kopova, NIŠRO, Oslobođenje, Sarajevo, 1984
- [2] V. Pavlović, Tehnologija površinskog otkopavanja, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 1992
- [3] Gemcom user manual - software for orebody modelling and mine planning, Version 6.1
- [4] S.W. Houlding, Practical geostatistics – modeling and spatial analysis, 1999
- [5] Elaborat o rezervama tehnogenog ležišta bakra “Depo šljake 1“ u Boru, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Bor, 2005
- [6] Glavni rudarski projekat otkopavanja šljake iz tehnogenog ležišta „Depo šljake 1“, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Bor, 2007
- [7] M. Jovanović, K. Nikolić, M. Maksimović, Valorizacija bakra u „Depou šljake-1“, Časopis, Rudarski radovi br. 1; 2007

UDK: 622.343(045)=861

Mile Bugarin*, Zoran Stevanović*, Ljubiša Obradović*

GEOLOŠKO-HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA BAKRA “CEROVO” (“CEMENTACIJA – KRAKU BUGARESKU”)**

GEOLOGICALY – HYDROGEOLOGICALY CHARACTERISTICS OF COPPER DEPOSIT CEROVO ("CEMENTACIJA – KRAKU BUGARESKU")

Izvod

U radu su prikazani rezultati dosadašnjih istraživanja geološko-hidrogeoloških karakteristika područja kompleksa ležišta bakra „Cerovo”, sa faktorima i pokazateljima koji utiču na promenu fizičko-hemijskih osibina podzemnih i površinskih voda. Definisani su tipovi izdani sa fizičko-hemijskim osobinama podzemnih voda, kao i vode koje se infiltriraju kroz degradirane sredine otkrivke, kao i sam kop „Cerovo-Cementacija”. Po hemijskom sastavu podzemne vode područja ležišta Cerovo, su sulfidno-kisele, sa visokim sadržajima gvožđa, prisustvom teških metala i sniženom pH vrednošću.

Ključne reči: alteracije, izdani, infiltracija, metali, piritizacija, eroziona bazis.

Abstract

Paper contain presentation of previous geological and hydro-geological Cerovo copper area characteristics researching with factors and indicators of impact on physic and chemical characteristics of surface and underground waters. So, there are defined ground waters types with physic and chemical characteristics of underground waters, as well as infiltrated waters from degraded Cerovo Cementacija overburden deposit. Based on chemical composition, underground waters from Cerovo area are sulphide acidic with high content of iron and heavy metals.

Key words: alteration, ground waters, infiltration, metals, pyritisation, erosion basis.

UVOD

Dosadašnjim istraživanjima geološko – hidrogeološih karakteristika područja ležišta bakra „Cerovo“, definisani su: bitni parametri i pokazatelji vezani za geološku građu litoških članova šireg područja ležišta Cerovo, uticaj hidrotermalnih alteracijama na sastav

podzemnih voda, mineraloške osobine i zastupljenost mineralizacije sa karakteristikama izluživanja, kao i tipovi izdani podzemnih voda sa fizičko-hemijskim osobinama. U radu su prikazani uticaji eksploatacije i odvođnjanja površinskog kopa „Cerovo“ na

* Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**Rad je proizašao iz projekta TR21008 koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

kontaminaciju podzemnih voda koje prelaze u sulfidno-gvožđevite vode sa povećanim učešćem teških metala. Date su glavne osobine erozionih bazisa i dejstva podzemnih voda sa karakteristikama ispucalosti pukotinskih sistema, infiltracije, prirodnih drenažnih sistema, gravitaciono kretanje voda, a i ascedentno, kao rezultat razlike hidrostatičkog pritiska.

PREGLED REZULTATA DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Značajnija hidrogeološka istraživanja u slivu Kriveljske reke, u kome se nalaze pomenuta ležišta bakra izvedena su u periodu 1964 – 1967. godine od strane Geoinstituta iz Beograda. U okviru ovih istraživanja posebna pažnja posvećena je definisanju hidrohemijskih karakteristika vulkanskih i hidrotermalno izmenjenih vulkanskih stena za potrebe iznalaženja mineralizacije bakra.

Geozavod iz Beograda u periodu 1972 – 1973. godina obavlja obimna hidrogeološka i hidrohemijkska istraživanja šireg područja ležišta bakra Bor i Veliki Krivelj, a u sklopu ovih su i istraživanja sliva Kriveljske reke kome pripada rudno polje „Mali Krivelj – Cerovo“.

V. Dragišić, (1981, 1982, 1984, 1988, 1992, 1995...) u brojnim radovima tretira hidrogeološku problematiku vulkanskih i hidrotermalno izmenjenih vulkanskih stena Timočke eruptivne oblasti, kao i problematiku ovodnjenoštvi rudnih ležišta u ovom delu istočne Srbije, a među njima i navedena ležišta bakra.

B. Filipović i V. Dragišić (1985) u okviru „Hidrogeološke Studije ležišta bakra Veliki Krivelj“ daju analizu hidrogeoloških odnosa u slivu Kriveljske reke.

Rudarski Institut iz Zemuna tokom 1993. godine, u okviru „Hidrogeološkog Elaborata za objekte vodozahvata tehničke vode, područja izvorišta pijaće vode i trase hidrotransporta - PK Cerovo,“ tretira i hidrogeološke probleme u području površinskog kopa „Cerovo“.

TIPOVI, FIZIČKE OSOBINE I HEMIJSKI SASTAV PODZEMNIH VODA

Na osnovu geološke građe, prisustva stenskih masa različite strukture poroznosti, uslova formiranja i obnavljanja rezervi podzemnih voda, u širem području ležišta bakra „Cementacija – Kraku Bugaresku“ izdvojeni su sledeći tipovi izdani:

- izdan zbijenog tipa,
- pukotinski tip izdani i
- karstni tip izdani.

Pored toga, u naslagama rudne jalovine nastale u rezultatu eksploracije rude bakra u okviru ležišta „Cementacija“, formirana je lokalna izdan zbijenog tipa sa specifičnim fizičko-hemijskim svojstvima podzemnih voda.

Izdan zbijenog tipa

U aluvijalnim naslagama Kriveljske reke i njenih pritoka (Cerove i Crvene reke) formirana je izdan zbijenog tipa. Debljina aluvijalnih nanosa ovih tokova je neznatna i kreće se do 5 - 6 m. Izgrađeni su od šljunka i peska i glinovite drobine. Podzemne vode u okviru ove izdani su u direktnoj hidrauličkoj vezi sa površinskim vodama rečnih tokova. Po hemijskom sastavu u prirodnim nenarušenim uslovima podzemne vode su malomineralizovane hidrokarbonatne klase, složenog katjonskog sastava. Pod uticajem eksploracije i odvodnjavanja površinskog kopa „Cementacija“ sve više dolazi do kontaminacije podzemnih voda, pri čemu one prelaze u sulfatne gvožđevite vode sa povišenim sadržajem pojedinih teških metala. Malo rasprostranjenje u planu i mala debljina ovih nasлага ograničavaju formiranje nekih značajnijih rezervi podzemnih voda.

Pukotinski tip izdani

Pukotinski tip izdani formiran je u krednim peščarima, laporcima i konglomeratima, vulkanskim, vulkano-klastičnim i hidrotermalno izmenjenim stenama. Kredni

klastiti imaju rasprostranjenje istočno od ležišta bakra, po obodu Velikog krša. Izdan koja se u njima formira nema veći hidrogeološki značaj. Podzemne vode se akumuliraju jedino u pripovršinskim intenzivno ispučalim klastitima. Izdan se prihranjuje na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih taloga u delu iznad erozionih bazisa rečnih tokova i infiltracijom površinskih voda u delu ispod erozionih bazisa. Dreniranje izdani vrši se putem malobrojnih izvora neznatne izdašnosti (manje od 0,1 l/s). Mnogi od ovih izvora egzistiraju samo u kišnom periodu. Slabe filtracione karakteristike ovih naslaga i zapunjenošću pukotinskih sistema sa dubinom utiču na slabu ovodnjenost ovih stena i na formiranje beznačajnih rezervi podzemnih voda. Po hemijskom sastavu podzemne vode u mezozojskim klastitima su malo mineralizovane vode hidrokarbonatne klase kalcijumske grupe.

Vulkanske i vulkanoklastične stene odlikuju se pretežno pukotinskom poroznošću, tako da je u njima i pukotinski tip izdani dominantan, međutim, u zoni raspadanja vulkanskih stena javlja se i složena pukotinsko-zbijena izdan. Na osnovu uslova formiranja, postojanja i isticanja podzemnih voda, u okviru pukotinske izdani možemo razlikovati deo izdani ispod i deo izdani iznad lokalnog erozionog bazisa. Deo pukotinske izdani iznad lokalnog erozionog bazisa formiran je u okviru brojnih sistema pukotina (regionalna ispučalost). Karakteriše se slabom ovodnjenosti. Pored karaktera ispučalosti stena, veličine i režima padavina, na akumuliranje podzemnih voda u okviru ove izdani značajno utiče i morfologija terena. Kupasta uzvišenja strmih strana, čime se karakteriše istražno područje, uslovjava brzo oticanje površinskih voda pri čemu samo manji deo odlazi na infiltraciju. Izdan se drenira gravitaciono, putem brojnih izvora koji ističu u čelenkama izvorišnih tokova i u podnožju strmih padina. Izdašnost izvora je mala, najčešće manja od 0,1 l/s. Mnogi izvori tokom sušnog perioda presušuju. Važnu ulogu u dreniranju izdani ima razgranata rečna

mreža. Tako se najveći broj izvora javlja neposredno uz rečne tokove ili u njihovim izvorišnim delovima. Dreniranje izdani može biti i direktno isticanjem podzemnih voda u rečne tokove (tzv. skriveno isticanje). Dubina do nivoa izdani zavisi od morfologije terena i karaktera ispučalosti masiva i kreće se od 1,0 do 5,0 m, a mestimično i više. Deo pukotinske izdani ispod lokalnog erozionog bazisa formiran je u rasednim zonama koje zaležu ispod rečnih tokova. Postojanje tektonskih zona sa povećanom ovodnjenosti u eruptivu konstatovano je brojnim istražnim buštinama na primer buština u dolini Bigar-potoka. Kretanje podzemnih voda u ovom delu izdani, pored gravitacionog, može biti ascedentno pod pritiskom koji je posledica razlike hidrostatickih pritisaka. Hemijski sastav podzemnih voda pukotinske izdani u vulkanskim i vulkanoklastičnim stenama pored litološkog sastava i karaktera ispučalosti zavisi i od zone cirkulacije podzemnih voda. Na osnovu dosadašnjih hidrohemijskih istraživanja podzemnih voda u ovim tvorevinama konstatovana je izražena hidrohemijska zonalnost sa dubinom. Ona je uslovljena, pre svega, litološko-mineraloškim sastavom stena, stepenom njihove ispučalosti i raspadnutosti, dubinom i brzinom cirkulacije podzemnih voda i oksido-redukcionim uslovima sredine. Tako su u pličim zonama cirkulacije zastupljene malomineralizovane vode kalcijumske grupe, a u dubljim delovima hidrokarbonatne vode natrijumske grupe.

Hidroermalno izmenjene stene nastale su u procesu izmene vulkanskih i, delom, sedimentnih stena hidroermalnim rastvorima za vreme laramijske faze orogeneze. Ove izmene predstavljene su:

- kaolinizacijom,
- hloritizacijom,
- silifikacijom,
- piritizacijom,
- sulfatizacijom,
- kalcitizacijom,
- zeolitizacijom,
- sericitizacijom i
- alunitizacijom.

Za hidroermalno izmenjene stene vezane su pojave i ležišta bakra u ovoj oblasti. Pukotinski sistemi u hidroermalno izmenjenim stenama su brojniji u odnosu na neizmenjene vulkanske stene. No, one su često zapunjene produktima raspadanja ovih stena (glinoviti minerali i drobina), kalcitom, gipsom, anhidritom i sulfidnim mineralima, što umanjuje njihovu poroznost. Deo pukotinske izdani iznad lokalnog erozionog bazisa prihranjuje se isključivo na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih taloga, a delimično i na račun utiskivanja karstnih izdanskih voda iz masiva Krša s obzirom na to da krečnjaci u jednom delu čine podinu hidroermalno izmenjenim stenama. Dreniranje izdani u prirodnim uslovima vrši se izvorima izdašnosti, najčešće, manje od 0,1 l/s dok se veštačko dreniranje obavlja isticanjem podzemnih voda direktno u rudarske radove. Veliki broj izvora koji dreniraju ovaj deo izdani, presušuje u suvom periodu godine. Deo pukotinske izdani ispod lokalnog erozionog bazisa ima sve odlike izdani u neizmenjenim vulkanskim stenama. Po hemijskom sastavu, podzemne vode u hidroermalno izmenjenim vulkanskim stenama su najčešće sulfatne klase kalcijumske grupe sa visokim sadržajima ukupnog gvožđa i teških metala, kao i sa sniženom pH vrednošću.

Karstni tip izdani

Karstna izdan formirana je u krečnjačkim naslagama Velikog krša koje imaju rasprostranjenje istočno od ležišta bakra. Po starosti pripadaju gornjoj juri i donjoj kredi. Ukupna debljina karbonatnog kompleksa dostiže do 600 m. Deo karbonatnog kompleksa zaleže ispod vulkano-sedimentnih tvorevina prema zapadu, a što je konstatovano istražnim bušenjem u eruptivu. Karbonatne naslage u okviru masiva Velikog Krša odlikuju se visokim stepenom karstifikacije, pri čemu proces karstifikacije često ide do vodonepropusne podloge koju čine starije paleozojske i prekambrijumske tvorevine ili mezozojski slabopropusni klastiti. O stepenu karstifikacije

govori veliki broj površinskih i podzemnih karstnih oblika (vrtače, pećine, karstna vrela i dr.). Hipsometrijski položaj otkrivenog dela karbonatnih naslaga u odnosu na erozione bazise, pri čemu se one nalaze znatno više iznad rečnih tokova uslovio je prihranjivanje izdani jedino na račun infiltracije voda nastalih od atmosferskih padavina. Na osnovu rezultata dosadašnjih istraživanja konstatovano je da postoje dva generalna pravca kretanja karstnih izdanskih voda, ka istoku i ka zapadu. Podzemne vode koje gravitiraju ka istoku ističu na kontaktu sa slabije propusnim paleozojskim i prekambrijumskim tvorevinama u vidu vrela čija izdašnost dosta oscilira u toku godine tako da pojedina od njih često i presušuje. Podzemne vode koje gravitiraju prema zapadu nailaze na barijeru koju čine vulkano-sedimentne tvorevine timočke eruptivne oblasti pri čemu ističu na površinu u vidu vrela (Bigar i Kriveljsko vrelo). Konkretno, u domenu predmetnih ležišta bakra, nalazi se jedino vrelo Bigar povremenog karaktera, koje funkcioniše kao stalno samo nakon topljenja snega i obilnih padavina. Tokom letnjih i jesenjih meseci iz vrela ne ističu podzemne vode. Deo podzemnih voda se infiltrira u dublje delove karbonatnog kompleksa koji zaleže ispod vulkanose-dimentnih tvorevina u vidu statičkih rezervi podzemnih voda. Istražnim bušenjem u pojedinim lokalitetima po istočnom obodu eruptiva ispod vulkanosedimentnih tvorevina timočke eruptivne oblasti konstatovane su karstne podzemne vode pod pritiskom. Po hemijskom sastavu podzemne vode karstne izdani su malo mineralizovane vode hidrokarbonatne klase kalcijumske grupe, što govori o njihovoj genetskoj vezi sa karbonatnim naslagama u kojima se formiraju.

Izdani u naslagama rudne jalovine

Tokom eksploatacije ruda bakra u ležišti „Cerova – Cementacija“ putem površinskog kopa, došlo je do odlaganja rudne jalovine po

obodu kopa. Vremenom se u ovim tehnogenim naslagama formirala izdan zbijenog tipa sa izuzetno specifičnim fizičko-hemiskim karakteristikama podzemnih voda. Po svojim fizičkim svojstvima to su vode žute, mestimično plave boje visoke elektroprovodljivosti (Tabela 1). Na osnovu opšteg hemijskog sastava pomenute povišene mineralizacije sa visokim sadržajima ukupnog gvožđa, sulfatne su klase kalcijumske grupe (Tabela 2). Od mikrokompONENTI, u vodi se javljaju povišeni sadržaji Cu, Zn, Al, Sr i SiO₂ (Tabela 3). Mikrobiološka ispitivanja uzorka vode sa oboda površinskog kopa „Cementacija“ koja su data u Tabeli 4. pokazuju da voda sadrži mali broj UB, relativno visok broj AN i mali broj SP. Prisustvo relativno velikog broja AN i malog broja DN može se objasniti i hemijskim sastavom ovih voda, a AN potvrđuju nisku aerisanost vode. Relativno visoka vrednost pH (6,6) nije pogodna za razvoj TB i TF čime se i objašnjava njihov mali broj

Tabela 1. Fizičke osobine podzemnih voda rudnog jalovišta „Cerovo-Cementacija“ (severni obod kopa)

Fizičke osobine	Vrednosti
Boja	Žuta
Mutnoća	Slabo mutna
Temperatura vode (°C)	10.8
El. provodljivost (μS/cm)	2630
pH	6.6
Rastvoren O ₂ (mg/l)	6.8
Rastvoren CO ₂ (mg/l)	10.0
Eh (rH ^a) (mV)	452 (28.8)

$$^a rH = \frac{Eh}{29} + 2pH, Eh izraženo u mV$$

Tabela 2. Makrokomponentni sastav podzemnih voda rudnog jalovišta „Cerovo-Cementacija“ (severni obod kopa)

Joni	mg/l	mili-mol	mili-val	% ekv
Na ⁺ +K ⁺	59.96	2.51	2.51	6
Ca ⁺⁺	542.5	13.54	27.10	70
Mg ⁺⁺	110.20	4.53	9.04	24
Cr	14.20	0.40	0.40	1
HCO ₃ ⁻	153.58	2.52	2.52	6
SO ₄ ⁻	170.00		35.42	93
Ukupna mineralizacija (mg/l)		2573.20		
Opšta tvrdoća °dH		101.19		
Prolazna tvrdoća °dH		3.93		
Stalna tvrdoća °dH		95.26		

Tabela 3. Mikrokomponentni sastav podzemnih voda rudnog jalovišta „Cerovo-Cementacija“ (severni obod kopa)

Element	mg/l	Element	mg/l
Cu	0.21	B	0.06
Sr	0.50	SiO ₂	15.40
Ba	0.06	NO ₂	0.10
Zn	1.25	NO ₃	3.20
Al	0.75	PO ₄	0.72
Pb	0.004	As	0.002

Tabela 4. Mikrobiološki sastav podzemnih voda rudnog jalovišta „Cerovo-Cementacija“ (severni obod kopa)

UB ^B	AN ^C	SP ^D	DN ^E	TB ^F	TF ^G
<10	70	5	4	4	<10

UB^B – ukupne hemoorganoheterotrofne mezofilne aerobne bakterije.

AN^C – ukupne hemoorganoheterotrofne mezofilne anaerobne i fakultativno anaerobne bakterije.

SP^D – spore plesni.

DN^E – ukupni denitrifikacioni mikroorganizmi.

TB^F – ukupne tionske bakterije

TF^G – thiobacillus ferroxidans

LITERATURA

- [1] Dragišić V., Hidrogeološke karakteristike vulkanskih stena Timočke eruptivne oblasti, Zbornik VII jugoslovenskog simpozijuma o HG i IG, Novi Sad, (1982), Vol. 1, 253-270.
- [2] Dragišić V., Fizičko-hemijski osobine podzemnih voda u vulkanskim i hidrotermalno izmenjenim stenama Timočke eruptivne oblasti, X YU kongres geologa, Budva, (1982), Vol. III, 17-24.
- [3] Dragišić V., Hidrogeohemija zonalnosti na primeru ležišta bakra istočne Srbije, XII YU kongres geologa, Ohrid, (1990), Vol. IV, 51-59.
- [4] Dragišić V., Jevremović D., Zagadjanje površinskih i podzemnih voda u procesu eksploatacije i prerađe čvrstih mineralnih sirovina, XII YU kongres geologa, Ohrid, (1990), Vol. IV, 60-69.
- [5] Stevanović Z., Dragišić V., Filipović B., The influence of the karst aquifer on ore deposits in east Serbia, Yugoslavia, International Journal of mine Water, Spec Ed. vol. 1, publ. SPGLIGGG and IMWA, Portsachach, Austria, (1991), 114-119.
- [6] Dragišić V., The characteristics of mine waters in copper deposit of Bor (east Serbia), Yugoslavia, International Journal of mine Water, Spec. Ed. vol. 1, publ. SPGZLIGGG and INWA, Portsachach, Austria, (1991), 31-38.
- [7] Dragišić V., Hidrogeologija ležišta bakra istočne Srbije, Institut za hidrogeologiju RGF-a, Beograd, (1992), 1-211.
- [8] Dragišić V., Hidrohemiske karakteristike ležišta bakra "Veliki Krivelj", XXVI Oktobarsko savetovanje rudara i metalurga, Donji Milanovac (1994), 42-45.
- [9] G. Pačkovski, D. Koželj, V. Ljubojević: Komparativna analiza mineralnih asocijacija rudnih tela, polimetaličnog ležišta „Čoka Marin“, Časopis, Rudarski radovi br. 1, 2009
- [10] S. Krstić, V. Ljubojević, M. Maksimović: Prilog poznavanju petrološko-mineraloških karakteristika ležišta "Cerovo" kod Bora, Časopis, Inovacije i razvoj, br. 1. 2007

UDK: 662.67(045)=861

Miroslav Ignjatović, Milenko Ljubojev*, Dejan Mitić*, Zoran Stojanović**

**ULJNI ŠKRILJCI KAO ENERGETSKI POTENCIJAL
REPUBLIKE SRBIJE****

**OIL SHALE AS ENERGETIC POTENTIAL OF
REPUBLIC SERBIA**

Izvod

Na svetskom tržištu energenata dolazi do poremećaja a posebnodo njihove visoke cene, što diktira potrebu svestranog sagledavanja tehničkih, tehnoloških i ekonomskih parametara dobijanja sintetičke nafte iz uljnih škriljaca.

Ukazuje se potreba da se maksimalno iskoriste vlastiti raspoloživi energetski resursi u okviru kojih značajno mesto zauzimaju alternativni izvori energije (uljni škriljci). Oceniće se potencijalnost istraživanog područja i izdvajanje prostora za dalja istraživanja. Nakon ocene potencijalnosti izvršilo bi se projektovanje istražnih radova sa ciljem dobijanja preliminarnih podataka o geološkoj građi, uslovima zaleganja i kvalitetu uljnih škriljaca. Ukoliko tehnološki postupak dobijanja sintetičke nafte iz uljnih škriljaca bude na ekonomski isplativom nivou možemo govoriti o zadovoljavajućem potencijalu. Ovim istraživanjima jasno se želi prikazati kontekst i koncept budućeg rada na dobijanju sintetičke nafte iz uljnih škriljaca, uz jasnú prezentaciju njegove programske i sadržajne celine. Pored toga, cilj istraživanja je i da se koncept približi subjektima zainteresovanim za njegovu realizaciju, potencijalnim korisnicima, državnim i lokalnim strukturama vlasti.

Ključne reči: uljni škriljci, istraživanje, eksplotacija.

Abstract

The world energy market has been stroked by constantly rising oil prices; therefore there is need to introspecting all economical, technical and technological parameters for oil obtaining from oil shale. There's demand, in every country, for maximum avail of its own energy resources within the scope, and majority part is represented by alternative energy sources (oil shale). The potential of prospecting territory will be estimated upon further exploration works. Planning of prospecting operations with the aim of gaining the preliminary data about geological structure and oil shale quality will start, after realization the potential estimation. The economical potential is at right level if technical procedure for obtaining synthetic oil from oil shale is economical payable. These explorations present a concept of future operations for obtaining the synthetic oil from oil shale with accurate presentation of its entities. The main aim of exploration is showing concept to all interested parties for its realization, potential users and government as well as the local authorities.

Key words: oil shale, exploring, exploitation.

* Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

** Ovaj rad je proistekao iz Projekta br. 17005 koji je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

UVOD

Uljni škriljci (1), su sedimentne stene, od finih zrnaca, sa promenljivim sadržajem organske materije iz kojih se pirolizom (zagrevanjem) dobija ulje, odnosno sintetička nafta.

Organska matarija se pretežno sastoji od kerogena, pri čemu sadržaj i tip kerogena u stenama određuje genetski tip uljnih škriljaca i služi kao osnovni parameter za određivanje kvaliteta i mogućnosti njihove prerade. Uljni škriljci predstavljaju značajne potencijalne izvore sintetičke nafte.

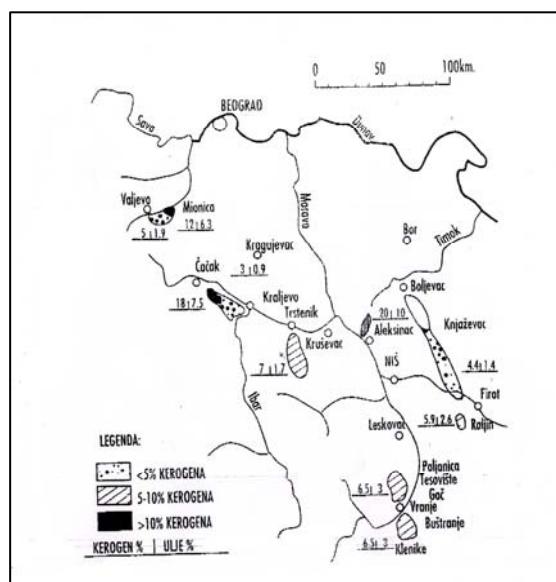
Osim Aleksinačkog i delimično Vraňanskog područja, ostala ležišta uljnih škriljaca u Srbiji, nisu detaljnije istražena. U Aleksinačkom području procenjene rezerve uljnih škriljaca iznose oko 2,5 miliarde tona, što približno čini 400 miliona organskog materijala ili, ako se računa na preradu u ulje, sa prinosom od 50% - oko 200 miliona tona tona ulja, odnosno sintetičke nafte (5). Ove rezerve svrstane su u kategoriju „vanbilansnih rezervi”, zbog nedostatka tehnološke ocene prerade uljnih škriljaca bazirane na domaćoj

tehnologiji. Za našu zemlju to predstavlja veliki energetski potencijal.

Potrebe za energetskim sirovinama u svetu, i kod nas, podstiču fundamentalna i razvojna istraživanja novih izvora energije. Geološke rezerve i kvalitet fosilnih goriva (posebno uglja, nafta i zemnog gasa) predstavljaju najznačajniji deo energetskog potencijala svake zemlje. U geološkom pogledu, fosilna goriva su neobnovljivi energetski izvori, od izuzetnog strateškog značaja.

U današnjim uslovima tehnološkog i industrijskog razvijanja, potrošnja fosilnih goriva se neprestano povećava. Ocenjuje se da će u narednih 100 godina prirodni energetski izvori biti izuzetno skupi jer i najveći optimisti priznaju da je teško očekivati nova spektakularna otkrića ležišta nafte, zemnog gasa i uglja.

Dovoljan razlog da se geološka i hemijsko-tehnološka istraživanja uljnih škriljaca sve više podstiču, posebno u zemljama koje raspolažu njihovim značajnim geološkim rezervama, dat je na slici br. 1.



Sl. 1. Geografski položaj, sadržaj kerogena i prinosi ulja uljnih škriljaca u Srbiji

U našoj republici, rezerve su nedovoljno istražene. Poznatija nalazišta su u istočnoj, srednjoj i zapadnoj Srbiji, od kojih se ističu ležišta Aleksinac, Mionica i Čitluk (2).

Tek u relativno skorijoj budućnosti, uz dalji razvoj i primenu nauke i tehnologije, kada se uspešnije reše problemi eksploatacije ovih sirovina (podzemna i površinska), eksploatacije kerogona i drugih korisnih organskih, pa i neorganskih sastojaka, zatim problemi vezani za ekologiju, korektnu i zadovoljavajuću zaštitu životne sredine, i kada iz više razloga cene prirodne nafte (i gasa) budu trajno na višem nivou, može se računati sa ekonomski opravdanim korišćenjem uljnih škriljaca u svetu.

Do tada kod nas za to svakako treba obezbediti još neke pretpostavke, od kojih se ističu:

- da se ležišta u dovoljnoj meri i svestrano istraže (geološki, rudarski, tehnološki i dr.);
- da uspešno i zadovoljavajuće reše sva glavna pitanja vezana za zaštitu životne sredine;
- da su ležišta dovoljna za razvoj srazmerno većih kapaciteta.

LOKALITETI POJAVE ULJNIH ŠKRILJACA

Srbija bi, u narednih stotinak godina, mogla da se osloboди uvoza sirove nafte i svoje energetske potrebe za tečnim gorivima obezbedi iz - uljnih škriljaca.

Ova smela i gotovo neverovatna tvrdnja, nije bez osnova. Naime, na osnovu dosadašnjih geoloških istraživanja, u više regionalne centralne i jugoistočne Srbije, procenjeno je da tamо leži nekoliko milijardi tona uljnih škriljaca, iz kojih, određenom preradom može da se dobiju sirova ulja, odnosno sintetička nafta, sirovine za petrohemiju industriju,

građevinski materijal i retki elementi. Daljom rafinacijom sintetičke nafte dobijaju se goriva za transport, mlazno i dizel-gorivo i primarni benzin.

Za sada još nije napravljen dovoljan iskorak u smislu postizanja toplotnih uslova (pod kojima se nafta dobija na prirodan način), pa se pribegava izlaganju materijala visokim temperaturama, u cilju dobijanja nečega nalik na naftu. Prilikom tog procesa, organski materijal se transformiše u tečnost koja se mora dalje prerađivati u naftu, za koju se može reći da je bolja od one najnižeg ranga iz konvencionalnih ležišta nafte, ali daleko od onih kvalitetnijih tipova iz prirodnih nalazišta. U tehnološkom pogledu, predstavljaju specifičnu mineralnu sirovinu. Iskorišćenje kerogena vezano je uglavnom, za zagrevanje škriljaca, usmereno na direktno sagorevanje u termoelektranama ili dobijanje sintetičke nafte.

Retortovanje uljnih škriljaca odvija se u procesima sa indirektnim grejanjem retorte. Prilikom retortovanja uljnih škriljaca, na temperaturi od 500 °C, dolazi do izdvajanja sirovog uglja i gasa, a deo neisparljivog kerogena prelazi u polukoks. Sirovo ulje se zatim tretira vodonikom, pri čemu nastaje sintetička nafta, kvaliteta lake arabijske nafte. Iz nje se, daljom preradom dobijaju derivati nafte i petrohemiske i hemijske sirovine. Pored različitih tehnologija površinskog retortovanja, već duže vreme ispituju se mogućnosti prerade uljnih škriljaca i u samom ležištu.

Ova metoda se zove „in situ“. Dosađašnja iskustva pokazuju da je retortovanje u ležištu vrlo složen proces, a pre svega teško se kontroliše. Retortovanje „in situ“ može obuhvatiti jedan sloj ili više slojeva škriljaca ili se primenjuje modifikovan postupak, koji se sastoji od izrade podzemnih retorti. U tom slučaju se deo izva-

đenog škriljca prerađuje na površini. Nema sumnje da je podzemno retorto-vanje, kad se radi o očuvanju životne sredine, znatno povoljnije u odnosu na sve tehnologije površinske prerade, jer se eliminišu mnogi problemi vezani za šljaku i pepeo. Potrebno je izvršiti dodatna, geološko-rudarska istraživanja, svih lokalita uljnih škriljaca širom Republike Srbije, jer oni predstavljaju budući pote-ncijal zemlje za tehničkim gorivom. Stručnjake i nauku imamo. Ovo veliko prirodno i domaće blago nam je na dohvrat ruke. Za sada je potpuno neizvesno da li će, i kad, neko krenuti u eksploataciju uljnih škriljaca (3).

Poremećaji na svetskom tržištu energeta i posebno visoke cene tečnih energeta nameću potrebu svestranog sagledavanja tehnološko-tehničkih i ekonomskih parametara sintetičke nafte iz uljnih škriljaca. Mogućnosti korišćenja uljnih škriljaca kao energetske sirovine, sa širom lepezom upotrebe, kod nas su do sada, uglavnom, istraživane u Aleksinačkom području.

Koristeći rezultate ovih istraživanja, istraživači u ovom projektu ističu potrebu da se intenziviraju aktivnosti usmerene ka eksploataciji i korišćenju uljnih škriljaca. Po ovom sastavu uljni škriljci u osnovi predstavljaju specifičnu energetsku sirovinu, koja bi u određenim uslovima mogla da postane adekvatan alternativni izvor za dobijanje tečnih goriva i drugih sirovina ili zamena za neke njihove derivate.

TEKTONSKI SKLOP ALEKSNAČKOG PODRUČJA

Aleksinačko ležište mrkog uglja i uljnog škriljca nalazi se u prostoru između reka Južne Morave i Moravice. Ovo ležište je deo prostranog Aleksinačkog tercijarnog područja i pruža se neposredno od grada Aleksinca u pravcu S-SZ u dužini od 10 km i čini površinu od oko 20 km². Eksploatacija uglja na ovom prostoru vršena je od 1883. do 1989. godine.

Preostale (elaborirane) rezerve kamenog uglja iznose 27,5 miliona tona A+B+C1 kategorije. Uljni škriljci javljaju se u čitavom ležištu aleksinačkog ugljenog područja i to u krovini i podini ugljenog sloja. Najobimnija istraživanja uljnih škriljaca vršena su u eksploatacionom području, mada su slojevi uljnih škriljaca (bez pojave uglja) utvrđeni južno, jugoistočno i severozapadno van eksploatacionog ugljenog područja.

Aleksinačko ležište uglja i uljnih škriljaca (4), stvarano je u jezerskoj sredini, pri čemu se početak nastajanja ležišta vezuje za paleogen, kada dolazi do tektonskih razlamanja Karpato-balkanida i Srpsko-makedonske mase i formiranja moravske, aleksinačke depresije. Zapunjavanje depresije i jezerska sedimentacija započinje krajem oligocena i početkom miocena i to klastitima i grubozrnnim peščarima, a završava se debelim kompleksom pelitskih i alevropelitskih sedimenata u koje spadaju i uljni škriljci.

Osnovna karakteristika sedimentacionog ciklusa Aleksinačkog područja je ritmičnost pojavljivanja pojedinih litoloških članova, kao posledica čestih promena uslova sedimentacije. U različitim nivoima stuba ritmičnost je jače ili slabije izražena i ova ritmičnost se ogleda i u rasporedu organskih ostataka, u uljnim škriljcima. Smenjivanje „partija“ bogatih i siromašnijih kerogenom u vertikalnom pravcu karakteriše i podinske i povlatne uljne škriljce, s tim što se u povlatnom horizontu smenjuju vrši određenim, pravilnim rasporedom. U horizontalnom pravcu, izuzimajući podinski horizont, facijalna izmenljivost nije izražena, što omogućava paralelizaciju i povezivanje slojeva u širem planu.

Posle stvaranja povlatnog horizonta bituminoznih laporaca kao najmlađeg člana aleksinačke serije, nekadašnji jezerski basen bio je zahvaćen snažnim tektonskim pokretima. Ovim pokretima sedimenti aleksinačke produktivne serije su

ubrani, horizontalno kretani i intenzivno izrasedani, što je uslovilo veoma složenu tektonsku građu ležišta. Produktivna ugljena serija ubrana je u dve sinklinale: aleksinačku i kraljevsko-vakupsku, pružanja SSZ-JJI. Kraljevačko-vakupska sinklinala nalazi se između kristalastih škriljaca istočnog oboda i antiklinale P-K. U južnom delu je veoma uzana i stisnuta, dok se prema severu širi i spaja kod Subotinca sa aleksinačkom. Obe strukture blago tonu u pravcu severa. Aleksinačka sinklinala nalazi se zapadno od kraljevačko-vakupske sinklinale, prostranija je i šira, i u njoj leže glavne mase uljnih škriljaca. Formiranje obe sinklinale praćeno je reversnim rasedanjem, koje je naročito izraženo u severnom delu ležišta. Osnovna struktura aleksinačke sinklinale prema zapadu deformisana je rasedima i intenzivno erodovana. Najnovija saznanja ukazuju, u stvari, na prisustvo jedne složene sinklinalne forme, koju prate sekundarni nabori, a koja je kasnjim tektonskim i erozionim procesima razorenata do te mere, da je njenu rekonstrukciju teško izvesti. Razlomne strukture predstavljene su sistemom poprečnih i dijagonalnih raseda, pretežno makazastog tipa, kojim je eksplotaciono ležište izdeljeno više hektarskih do kilometarskih razmara.

Eksplotaciono ležište je od ostalih delova područja prema severu, zapadu i jugu odvojeno krupnim rasedima koji predstavljaju granicu prostiranja ugljenog

sloja i horizonta povlatnih uljnih škriljaca. Izvan granica ovih raseda sedimenti mlađeg neogena (gornjeg miocena) veoma su debeli i leže direktno preko peščara i uljnih škriljaca podinskog peščarsko-glinovitog kompleksa. Generalno pružanje slojeva u eksplotacionom ležištu je SSZ-JJI sa padovima veoma različitim od 0 do 90 stepeni. Izuzev strmih, skoro vertikalnih, pa i prevrnutih slojeva pojedinih tektonskih blokova u severnom delu ležišta, prosečni padni ugao produktivne serije iznosi oko 35 stepeni. Opšta tendencija je ublažavanje pada sa dubinom, tj. prema dnu sinklinale.

GEOLOŠKA GRAĐA PODRUČJA – PRODUKTIVNA SERIJA

Aleksinačka produktivna serija sa mrkim ugljem i uljanim škriljcima, stvarana je u okviru prostranog Aleksinačkog područja u kome obod i podloge basena čine kristalasti škriljci. Najveće rasprostranjenje i debljinu aleksinačka serija ima u prostoru Aleksinačkih rudnika, od Aleksinca do Mozgova. Uku-pna debljina procenjuje se na 900 – 1000 m. Preko nje leže transgresivno i diskordantno sediment mlađeg miocena predstavljeni crvenim, mrkim i žutim konglomeratima i agglomeratima u smenji-vanju sa glinovito-peskovitim sedime-ntima i proslojcima tufogenog materijala. U gornjem delu preovlađuju laporovite gline i laporci. Ukupna debljina iznosi i do 900 m.

				Horizont konglomerata i aglomerata kojim započinje gornji miocen
			Horizont bituminoznih laporaca (bituminozni laporci, uljni škriljci i laporci sa prislojcima glinaca i peščara)	200 - 300m
		Horizont povlatnih uljnih škriljaca	50 - 80m	
	2-6m	Glavni ugljeni sloj		
		Gornji podinski horizont (glinoviti i liskunoviti peščari, uljni škriljci, glinci i ugalji)	150m	
		Donji podinski horizont (glinoviti i liskunoviti peščari sa prislojcima glinaca, laporaca i listastih uljnih škriljaca)	150 - 200m	
	50 - 300m	Bazalni klastiti i grubozorni peščari (konglomerati, brečo-konglomerati, konglomeratični peščari, subarkoze, alevritske gline)		
	Paleo - reljef	Kristalasti škriljci		

Sl. 2. Litološki profil Aleksinačkog ležišta uglja i uljnih škriljaca.

Prema osnovnim litološkim karakteristikama i superpoziciji slojeva aleksinačka produktivna serija može se podeliti na (slika 2.):

- Bazalni kompleks;
- Peščarsko-glinoviti kompleks (podina ugljenog sloja);
- Ugljeni sloj;
- Glinovito-laporoviti kompleks (povlata ugljenog sloja).

Bazalnim kompleksom započinje miocenski ciklus sedimentacije čija se debljina kreće od 500 do 300 m. Preko ovog kompleksa leži peščarsko-glinoviti kompleks u čiji sastav ulaze: peščari, lisku-noviti i glinoviti, peskoviti glinci, glinci, bituminozni škriljci, ređe laporci i pro-slojci uglja. U podinskom kompleksu izdvojena su dva horizonta: donji horizont (duboka podina) i gornji horizont (visoka podina). U dubljoj podini proslojci uglja nisu konstatovani i vezani su samo za gornji horizont.

Uljni škriljci duboke podine su tanko slojeviti i više lisnasti i u čestom smenjanju sa laporcima i laporovim glincima, dok su škriljci u višim nivoima masivniji, kompaktniji, veće tvrdine i bogatiji kerogenom.

Uljni škriljci peščarsko-glinovitog kompleksa nazvani „podinskim uljnim škriljcima“ interstratifikovani su u glinovito-laporovitim i liskunovitim peščarima i glincima. Utvrđeno je da se podinski škriljci javljaju u slojevima ili grupama slojeva (paketima) debljine od 30 do 40 m, na različitoj udaljenosti od glinenog sloja i povlatnih uljnih škriljaca. Primarne promene debljine podinskih škriljaca, kako u vertikalnom pravcu, tako i bočno, naročito su izražene u centralnom delu ležišta. Ukupna debljina podinskog kompleksa iznosi oko 300 m.

Ugljeni sloj je složenog litološkog sastava i sastoji se, najvećim delom, od

tvrdog mrkog uglja, polusajnjog i trakastog, od gasnog uglja koji je mat i crnomrke boje i od jalovih proslojaka čiji broj i debljina variraju. Debljina ugljenog sloja varira od 2 do 6 m.

Glinovito-laporoviti kompleks koji čini povlatu ugljenog sloja podeljen je na dva horizonta:

- Donji, u čiji sastav ulaze uljni škriljci iz direktnе krovine ugljenog sloja (horizont povlatnih uljnih škriljaca);
- Gornji, predstavljen laporcima, manje ili više bituminoznim, sa proslojcima uljnih škriljaca, glinaca, peščara i tufova. Njime se završava aleksinačka produktivna serija.

REZERVE ULJNIH ŠKRILJACA

Na osnovu rezultata izvedenih istražnih radova do 1986. godine u aleksinačkom ležištu je određena pripadnost ležišta odgovarajućoj grupi i izvršeno je ograničenje rezervi i njihovo razvrstanje u kategorije.

Prema strukturnoj građi i podeljenosti ležišta rasedima u više većih samostalnih blokova, sa slojevima nagnutim preko 20°, ležište je svrstano u drugu grupu.

Prema postojanosti debljine i kvalitetu povlatnih uljnih škriljaca na većem prostoru sa srednjim sadržajem ulja preko 6% i topotnim efektom preko 6.000 kJ/kg, ležište je svrstano u I podgrupu.

Zbog izmenljivosti debljine podinskih škriljaca, koja odgovara srednje do znatno izmenjivim debljinama, i pored toga što srednji sadržaj sirovog uglja prelazi 6%, (srednji sadržaj 9,5%), a topotna vrednost čistog uljnog škriljca iznosi oko 6.500 kJ/kg, ležište podinskih škriljaca je svrstano u drugu podgrupu.

Na osnovu ovakve pripadnosti ležišta-drugoj grupi i prvoj podgrupi (povlatni škriljci), izvršena je kategorizacija rezervi i njihovo ograničenje, uz primenu eksploracije.

Rezerve povlatnih uljnih škriljaca dokazane su rudarskim radovima i buštinama, dok su rezerve podinskih škriljaca istražene, uglavnom, bušenjem.

Uzimajući u obzir blokovsku građu ležišta, zatim karakter izmenljivosti kvalitativnih parametara, kao i vrstu i raspored istražnih radova, rezerve su

proračunate primenom dve metode i to: metodom geoloških blokova i metodom vertikalnih profila. Rezerve uljnih škriljaca i njihov prosečan kvalitet date su sa stanjem istražnih radova na dan 31. 12. 1985. godine (tabele 1, 2, 3 i 4), dok su rezerve i kvalitet bitumenoznih laporaca prikazane u tabelama 5 i 6.

Tabela 1. Rezerve uljnih škriljaca polja „Morava“ i „Logorište“

Kategorija	Geološke rezerve		
	Poremećene	Neporemećene	Ukupne
Povlatni uljni škriljci			
B	161.599.920	148.116.640	309.716.560
C ₁	196.880.530	97.680.210	294.560.740
B ₁ + C ₁	358.480.450	245.796.850	604.277.300
C ₂	82.065.000	420.042.000	502.107.000
B ₁ + C ₁ + C ₂	440.545.450	665.838.850	1.106.384.300
Podinski uljni škriljci			
B	-	19.760.980	19.760
C ₁	-	51.312.710	51.312.710
B ₁ + C ₁	-	71.073.690	71.073.690
C ₂	-	218.880.000	218.880.000
B ₁ + C ₁ + C ₂	-	289.953.690	289.953.690
Povlatni i podinski uljni škriljci			
B	161.599.920	167.877.620	329.477.540
C ₁	196.880.530	148.992.920	345.873.450
B ₁ + C ₁	358.480.450	316.870.540	675.350.990
C ₂	82.065.000	638.922.000	720.987.000
B ₁ + C ₁ + C ₂	440.545.450	955.792.540	1.396.337.990

Tabela 2. Kvalitet uljnih škriljaca (srednje vrednosti) polja „Morava“ i „Logorište“

Parametri	Povlatni uljni škriljci	Podinski uljni škriljci
Sadržaj organske supstance	18,94%	21,0%
Sadržaj pepela	72,0%	72,0%
Sadržaj sumpora (ukupni)	2,23%	3,85%
Gornja topotna vrednost	6.900 kJ/kg	6.540 kJ/kg
Sadržaj sirovog ulja	9,7%	9,5%
Zapreminska masa	1,85 t/m ³	1,92 t/m ³

Tabela 3. Rezerve uljnih škriljaca polja "Dubrava"

Kategorija	Geološke rezerve (t)		
	Poremećene	Neporemećene	Ukupne
Povlatni uljni škriljci			
A	54.912.600	10.486.570	65.399.170
B	86.744.020	19.802.950	106.546.140
A + B	141.656.620	30.289.520	171.946.140
C ₁	32.186.200	80.745.430	112.931.140
A + B + C ₁	173.842.820	11.034.950	284.877.770
C ₂	-	18.600.000	18.600.000
A + B + C ₁ + C ₂	173.842.820	129.634.950	303.477.770
Podinski uljni škriljci			
B	-	29.527.920	29.527.920
C ₁	-	64.474.000	64.474.000
B + C ₁	-	94.001.920	94.001.920
C ₂	-	11.400.000	11.400.000
A + B + C ₁ + C ₂	-	105.401.920	105.401.920
Povlatni i podinski uljni škriljci			
A	54.912.600	10.486.570	65.399.170
B	86.744.020	49.330.870	136.074.890
A + B	141.656.620	59.817.440	201.474.060
C ₁	32.186.200	146.219.430	177.405.630
A + B + C ₁	173.842.820	205.036.870	378.879.690
C ₂	-	30.000.000	30.000.000
A + B + C ₁ + C ₂	173.842.820	235.036.870	408.879.690

Tabela 4. Kvalitet uljanih škriljaca polja "Dubrava"

Parametri	Povlatni uljni škriljci	Podinski uljni škriljci
Sadržaj organske supstance	16,6%	18,0%
Sadržaj pepela	73,0%	73,0%
Sadržaj sumpora (ukupni)	2,23%	3,85%
Gornja topotna vrednost	6.050 kJ/kg	7.000 kJ/kg
Sadržaj sirovog ulja	9,9%	12,5%
Zapreminska masa	1,85 t/m ³	1,96 t/m ³

Tabela 5. Rezerve bituminoznih laporaca

Lokalnost	Kategorija	Rezerve (t)
Polje "Dubrava"	C ₂	579.244.000
Polje "Morava" i "Logorište"	C ₂	3.356.378.000
Ležište ukupno		3.935.522.000

Tabela 6. Kvalitet bituminoznih laporaca

	“Dubrava”	“Morava”
Sadržaj organske supstance	7,90%	7,55%
Sadržaj pepela	78,80%	78,50%
Gornja toplotna vrednost	2.420 kJ/kg	2.540 kJ/kg
Sadržaj sirovog ulja	3,7%	4,15%

ZAKLJUČAK

Poremećaji na svetskom tržištu i posebno visoke cene tečnih energetika nameću potrebu svestranog sagledavanja tehnološki-tehničkih i ekonomskih parametara dobijanja sintetičke naftе iz uljnih škriljaca. Po svom sastavu uljni škriljci u osnovi predstavljaju specifičnu energetsку sirovину koja bi, u određenim uslovima, mogla da postane i adekvatni alternativni izvor za dobijanje tečnih goriva i drugih sirovina ili zamena za neke njihove derivate. Uljni škriljci će, verovatno, naći svoje mesto u domaćoj ekonomiji, ali energetski zahtevi vezani za sagorevanje, transport, usitnjavanje, zagrevanje, dodavanje vodonika, kao i poseban problem koji je proistekao iz pootstvenih mera ekološke bezbednosti (opravdani zahtevi za uređenje prostora i način odlaganja otpada, u ovom slučaju velikih količina), čine ceo koncept korišćenja ovakvog resursa izuzetno složenim. U tehnološkoj fazi iz pepela aleksinačkih uljnih škriljaca u laboratoriji za HTK borskog IRM utvrđiće se pojava retkih i rasejanih elemenata. Potrebno je da se dobije više od

40 l ulja iz jedne tone uljnih škriljaca da bi eksploatacija bila ekonomski opravdana.

LITERATURA

- [1] Ercegovac Marko (1990): Geologija uljnih škriljaca, Građevinska knjiga, Beograd
- [2] M. Ignjatović, R. Rajković, M. Mikić, M. Ljubojević: Mogućnost eksploatacije uljnih škriljaca sa lokaliteta Republike Srbije iz kojih će se dobiti sintetička nafta, ER, Tara 2008.
- [3] Projekat 17005 MN
- [4] M. Ivković, V. Ljubojević, A. Mladenović: Geološke karakteristike ležišta uljnih škriljaca Aleksinačkog područja. Rudarski radovi br.2, 2001.god.
- [5] Elaborat o rezervama uljnih škriljaca Aleksinačkog ležišta polje “Morava” i “Logorište”, Ugalj, projekat, 1985. godine
- [6] S. Krstić, V. Ljubojević, M. Ljubojević, M. Maksimović: Geološka istraženost uljnih škriljaca u okolini sela Vina, Časopis, Rudarski radovi br. 2, 2008. god.

Dragan Milanović, Srđana Magdalinović*, Radojka Jonović*, Ljiljana Avramović**

**IZBOR REAGENSA ZA DOBIJANJE NISKOSADRŽAJNOG
KONCENTRATA ŠELITA**,*****

**CHOOSE REAGENT FOR OBTAIN LOW CONTENT
CONCENTRATE OF SCHEELITE**

Izvod

U ovom radu su predstavljena ispitivanja flotabilnosti šelita. Mikroflotacijski testovi su izvedeni sa dva različita tipa reagenasa kao što su: SCO 40 (modifikovana varijanta sulfosukcinata Porokol SC 30) i aeropromoter 845N (sulfosukcinamat) i neki drugi. Svi tipovi reagenasa su imali različite strukture i dali su različite vrednosti iskorišćenja šelita. Kolektor SCO 40 je dao bolje rezultate od A 845N. Iskorišćenje minerala volframa zavisi od odabranog reagensa. Ova istraživanja su u toku, a dosadašnji rezultati su dati u ovom radu.

Ključne reči: kolektor, iskorišćeće, šelit, niskosadržajni koncentrat

Abstract

This work presents complete investigation of main floatability of mineral sheelite. Flotation tests were carried out on two different types of reagents, such as: SCO 40, (modify variant of Alkyl sulfosukcinata-Porocoll SC 30) and Aeropromothers 845 N, (Alkyl sulpho sukcincamat) and other type same reagent too. All type of reagents had different structure and gave different recovery values. It was found that the Collector SCO 40 provokes higher recovery of scheelite regarding to A 845 N at the same concentrations. Recovery of mineral sheelite depends of chosen type of reagents. These investigations are in progress and results will be presented in the paper.

Key words: collector, recovery, sheelite, low grade concentrate

* Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

**Ovaj rad je proistekao iz projekta broj 19002 koji je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije

*** Rad je velikim delom rezultat odbranjene doktorske teze autora dr Dragana Milanovića pod naslovom: Uticaj veličine čestica na fenomene flotabilnosti minerala šelita (2008), Univerzitet u Beogradu, Tehnički fakultet u Boru

UVOD

Volfram pripada grupi retkih metala koji se u prirodi ne nalazi u samorodnom stanju, već isključivo u obliku minerala. Ekonomski najvažniji njegovi minerali su šelit CaWO_4 i volframit $\text{Fe}-\text{MnWO}_4^1$. Siromašne šelitne rude sa 0,05 do 0,1% WO_3 vrlo uspešno se obogaćuju flotiranjem, dok se drugi metodi upotrebljavaju samo kao dopunski. Zbog toga je svaka ideja za poboljšanje obogaćivanja volframovih ruda u teorijskoj i industrijskoj praksi, veoma značajna. Stepen usitnjavanja rude, izbor odgovarajuće metode i optimalnih uslova obogaćivanja zavisi od hemijskog, mineraloškog i strukturalnog sastava svake rude.

Postupkom flotacije došlo se do mogućnosti kompleksne prerade polimetaličnih volframovih ruda i dobijanja dve tri vrste koncentrata, što pre nije bilo moguće. Kako je šelitova mineralizacija fino dispergovana u stenskom masivu moguće je dobiti niskosadržajni koncentrat šelita sa 10-20% WO_3 . Neophodan je dalji tretman koncentrata za povećanje sadržaja WO_3^2 .

Opšti uslovi flotiranja oksidnih i nemetaličnih mineralnih sirovina, koji nisu uobičajeni pri flotaciji sulfidnih minerala, uglavnom se mogu koristiti za flotaciju volframovih minerala. Usled teoretskih problema i ograničenja, u flotaciji nesulfidnih ruda uobičajen je niz tehnika predtretiranja i prerade koje su relativno retke u flotaciji sulfida. One uključuju: pranje i odmuljavanje ruda, kondicioniranje pri visokom sadržaju čvrstog. Zatim, visokotemperaturnu flotaciju. Takođe, upotrebu agenasa modifikatora. Disperzanti muljeva, natrijum-silikat, natrijum-karbonat, polifosfati i anjonski polimeri niske molekulske mase, kao što su Cyquest 3223 ili Cyquest 3270 često su nezaobilazni. Sumporna kiselina, natrijum-karbonat, natrijum-hidroksid (i povremeno

amonijum-hidroksid) uobičajeni su regulatori pH. Obično korišćeni aktivatori i deprimatori uključuju natrijum-silikat za deprimiranje silikata i muljeva, hlorovodoničnu kiselinu za aktiviranje feldspata i deprimiranje kvarca, kvebračo i tanine za deprimiranje karbonatnih minerala, skrob, lignin-sulfonate i lepkove za deprimiranje gline i muljeva oksida gvožđa itd.

Volframovi minerali se flotiraju ma-snim kiselinama i njihovim estrima^{3,4} i drugim kolektorima: alkilsulfati i sulfonati, primarni amini⁵, takođe: sulfoside, alkilhidroksamati, IM-50, arsenska kiselina, fosfonska kiselina i naftoli, Alkil nitrozo-naftoli, Aero 845 i Porocol SC 30 itd^{6,7,8,9,10}.

Zato će utvrđivanje uticaja različitih tipova reagenasa na vrednosti iskorišćenja šelita sa ciljem izbora reagensa za flotaciju šelita iz rudnika „Rudnik“, biti predmet ispitivanja u ovom radu.

REZULTATI I DISKUSIJA

Korišćeni reagensi

U ovim ispitivanjima osnovni prime-njivani **kolektori** su: Promoter, Aero 845 N, (Alkilsulfosukcinamat) američkog proizvođača i SCO 40, (modifikovana varijanta Alkil sulfosukcinata-Porocoll SC 30), nemačkog proizvođača.

Alkil sulfosukcinamat (Promoter AERO 845) kolektor je na bazi sulfosukcynamata koji je prvi put sintetizovan u "American CYANAMID Company". To je anjonski modifikovani sulfonat, koji je koristan za obogaćivanje većeg broja, ruda uključujući i šelit. Ovaj kolektor je rastvoren u vodi i može se razblažiti do bilo koje koncentracije za doziranje u flotaciju¹¹.

Alkil-sulfosukcinat (Porocol SC 30). Kolektor koji se pokazao izvanredno dobrim za flotaciju šelita u baznom i u kiselom pH opsegu, tačnije na kiselosti 3,5¹². Posebna modifikacija ovog reagensa

slične strukture, označena kao SCO 40, po navodu evropskog proizvođača „COGNIS“ dostupna je na tržištu, dok se Porocoll SC 30 više ne proizvodi.

Pripremljeni su rastvori reaganasa u destilovanoj vodi. Napravili smo koncepcije koje su na nivou preporučene potrošnje.

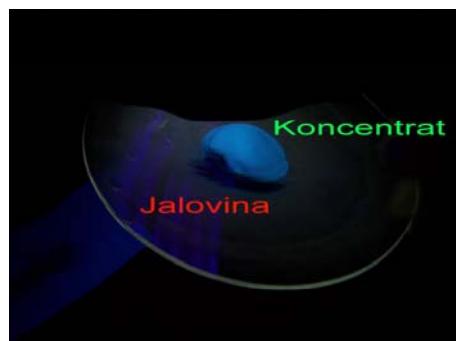
Uzorci

Rovni mineralni uzorci šelita su dobijeni od geološke službe rudnika „Rudnik“ iz centralne Srbije sa lokalitetom „Nova jama“. To je u sklopu vulkano-intruzivnog kompleksa šumadijske metalo-

genetske zone miocenske starosti, koja se nalazi u okviru relativno uskog geografskog prostora koji se pruža od Avale do Kraljeva. U toku 2003. godine u ovom delu ležišta izvršena su detaljna geološka i rudarska istraživanja potkopima po obodu rudarskog okna¹³. Iz tog uzorka koji je dopremljen sa istoimenog rudnika u Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor, prospekcijom pod UV svetlošću izdvojeni su rovni šelitonosni komadi. Svi uzorci su, dakle, istog geološkog porekla. Na taj način obezbeden je primarni materijal uzo-raka namenjenog za ova istraživanja, sl.1.



Sl. 1. Prospekacija šelita u stenskom masivu



Sl. 2. Koncentrat šelita na sahatnom staklu

Karakterizacija rovnih uzoraka šelita

Od specimena je napravljen mineraloški preparat za mikroskopski pregled, a na uzorku praha su sprovedena rendgenska snimanja.

Mineraloškim pregledom polarizacionim mikroskopom Carl Zeiss „JENAPOL-U“, u ITNMS Beograd, konstatovan je **Mineralni sastav:** šelit, karbonat, amorfna silicija, siderit, limonit itd. Šelit se javlja u krupno kristalastim agregatima, koji su redovno kataklazirani i cementovani mlađim karbonatima. Sami aggregati šelita su izgrađeni od sitnih zrnaca. Jalovina je u vidu karbonata siderita i amorfne silicije,

koja je po negde intezivno obojena limonitskom bojom.

Za rendgenska ispitivanja u Institutu za rudarstvo i metalurgiju, Bor, korišćen je automatski rendgenski difraktometar „PHILIPS“, PW1710. Rendgenogramom su određeni minerali: šelit CaWO_4 , kvarc SiO_2 i kalcit CaCO_3 . Navedeni su gradijski, prema zastupljenosti i intezitetu detektovanih pikova. Konstatujemo da je dominantan šelit, dok se primeša javljaju u tragovima¹⁴.

Fizičko-hemiske karakteristike uzoraka:

- Gustina rude $2\ 930 \text{ kg/m}^3$

- Nasipna masa na krupnoći
100%-12,7 mm 2 059 kg/m³
- Nasipna masa na krupnoći
100% - 3,35 mm 1 544 kg/m³
- Bondov radni indeks u mlinu sa šipkama 19,49 kWh/t
- Bondov radni indeks u mlinu sa kuglama 16,48 kWh/t

Tablica 1: Hemijski sastav uzorka sa lokaliteta "Nova jama"

Element	Sadržaj	Element	Sadržaj
WO ₃	0,94%	Cu	0,015%
Pb	0,44%	Fe	1,76%
Zn	0,29%	SiO ₂	64,92%
Bi	0,41%	Al ₂ O ₃	13,61%
MgO	0,77%	Ag	64 g/t
CaO	2,92%	Au	0,02 g/t
K ₂ O	6,99%	S	0,96%
Na ₂ O	1,17%		

Ogledi osnovnog flotiranja

Prethodno su izvršeni eksperimenti mlevenja uzorka u elipsoidnom mlinu sa kuglama zapremine 15,2 dm³. Masa šarže kugli na početku ispitivanja bila je 12 kg. Za jedan eksperiment mleveno je 970 g rude, pri sadržaju čvrstog od 70%. Svi ogledi osnovnog flotiranja izvršeni su u „Denver” flotacijskoj mašini zapremine komore 2,4 dm³ i brzinom obrtanja rotora

od 1300 min⁻¹. Tokom ispitivanja izvedeno je nekoliko eksperimenata osnovnog flotiranja u cilju odabira najboljeg reagensa. U tabeli 2. prikazani su upotrebljeni reagensi u flotiranju i ostvareni rezultati iskorišćenja šelita u osnovom koncentratu. Vidi se da je u osnovnom flotiranju najbolje iskorišćenje postignuto sa reagensom SCO 40.

Tabela 2: Ostvareni tehnološki rezultati u osnovnom koncentratu sa različitim reagensima

Reagensni režim	Sadržaj WO ₃ %	Iskorišćenje WO ₃ %
Petrolej i AP 485 N (po 250 g/t)	2,60	90,54
Petrolej i AP 485 N (po 150 g/t)	1,97	83,70
D ₁ i AP 845 N	2,29	46,31
SCO 40 i Edenor	4,20	82,23
SCO 40	9,61	96,41
Edenor	25,07	72,39

Eksperiment sa prečišćavanjem osnovnog koncentrata

Na osnovu prethodnih rezultata sprovedeni su eksperimenti sa prečišćavanjem osnovnog koncentrata dobijenog upotrebom najpovoljnijeg reagensa SCO 40. Eksperiment je izведен u mašini „Denver” sa zapreminom komore od 4,5 dm³, brzinom obrtanja rotora od 1500 min⁻¹ i

1940 g rude. Tako su izvedena dva eksperimenta osnovnog flotiranja, a skupni koncentrat je dva puta prečišćen.

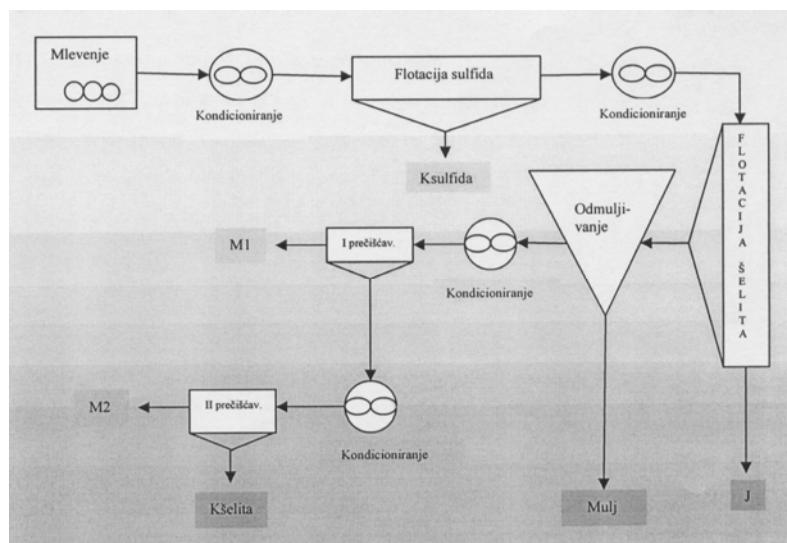
Oba prečišćavanja osnovnog koncentrata su izvedena pod istim uslovima, takođe u „Denver” mašini sa zapreminom komore od 2,4 dm³ i brzinom obrtanja ro-

tora 1300 min^{-1} , a šema prema kojoj je izveden eksperiment prikazana je na slici 3.

U tabeli 3. prikazani su rezultati eksperimenta sa prečišćavanjem. Reagens SCO 40 je ostvario najveće iskorišćenje WO_3 (tabela 2) i veoma dobar sadržaj u

osnovnom koncentratu.

Zbog toga je izveden i eksperiment sa prečišćavanjem. Dobijen je koncentrat šelita sa sadržajem WO_3 od oko 18% i iskorišćenjem oko 58%.



Sl. 3: Šema izvođenja flotacijskog eksperimenta

Tabela 3: Metal bilans u eksperimentu sa prečišćavanjem

Proizvod	Masa	SADRŽAJ,%					RASPODELĂ%					
		M%	Zn	Pb	WO_3	Ag g/t	K_2O	RZn	RPb	RWO_3	RAg	R K_2O
Ksulfida	5,60	1,4	7,16	0,72	0,013	4,18	25,88	93,37	4,18	5,41	3,93	
Mulj	5,14	0,28	0,12	1,83	0,017	5,84	4,75	1,44	9,74	6,43	5,03	
M ₁	13,84	0,47	0,058	0,12	0,0035	6,44	21,48	1,87	1,72	3,55	14,95	
M ₂	2,43	0,62	0,037	6,42	0,014	4,85	4,98	0,21	16,16	2,51	0,01	
Kšelita	3,12	1,03	0,16	17,94	0,020	1,21	10,61	1,16	57,99	4,59	0,63	
J	69,87	0,14	0,012	0,141	0,015	6,44	32,30	1,95	10,21	77,51	75,45	
Ruda	100,00	0,303	0,429	0,966	0,014	5,963	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	

ZAKLJUČAK

Uzorak rude ležišta „Nova jama“ rudnika „Rudnik“ sa sadržajem WO_3 0,94% tretiran je postupkom flotacijske koncentracije u cilju dobijanja koncentrata šelita iz kojeg je moguće metalurškom prerađom izdvojiti volfram. Kako je reagens SCO 40 u osnovnom flotiranju dao najbolje rezul-

tate, uz njegovu upotrebu, izveden je eksperiment sa prečišćavanjem. Koncentrat šelita posle dva prečišćavanja imao je oko 18% WO_3 . Iskorišćenje šelita je nisko, ali treba očekivati da se optimizacijom parametara prečišćavanja može povećati, pre svega, u drugom prečišća-

vanju gde sa međuproizvodom M_2 odlazi oko 16% WO_3 . U svakom slučaju, ovim radom je potvrđeno da je iz uzorka šelita rudnika „Rudnik“, iz lokaliteta „Nova Jama“, moguće dobiti niskosadržajni koncentrat šelita. Pri tome je reagens koji je davao najbolja iskorišćenja šelita-SCO 40. Na taj način je izbran izbor najpovoljniji reagens za flotaciju našeg šelita. Njega bi, u nastavku ispitivanja radi optimizacije rezultata flotiranja, trebalo nezaobilazno koristiti.

LITERATURA

- [1] Emsley J, (1991); The elements: Sec. Ed., Clarendon Press, Oxford, 251 p
- [2] Dimitrijević V., Dimitrijević M., Milanović D. (2004) "Recovery of tungsten from low grade scheelite concentrates by soda ash roast-leach Method." Journal of Mining and Metallurgy, 40A p.75-89
- [3] Atak, S.,Gurkan,V. And Yafawi, A., (1986) Effect of various fatty acids on separation of scheelite from calcite. In:Y.Aytekin (Editor), 1st Int.Miner. Process.Symp., Izmir, p. 94-103.
- [4] Agar, G.E.,1984.Scheelite flotation. U.S. Patent, US 4,488,959 A,17 p (Chem. Abstr., 102(20): 170318b).
- [5] Choi and Han, (1963) Electrokinetic property and flotation characteristics of scheelite.Korean J.Chem. Soc.7, p. 17-24.
- [6] Hanna H. S. and Somasundaran P. (1976) „Flotation of salt type minerals“, In:Flotation, A. M. Gaudin Memorial Volume, vol. 1 (Ed. M. C. Fuerstenau), p 197-272.
- [7] Vazquez L. A., Ramachandran Sand and Grauerholz N.L., (1976), Selective flotation of scheelite. In: Flotation A. M.
- [8] Arnold R., E. F. Browabill and S. W. Ihle.(1978) "Hallimond tube flotation of scheelite and calcite with amines" Elsevier (Printed in Netherlands) International Journal of mineral Processing. 5 p.143-152.
- [9] Koval E. M. (1982), Obogaskh Rud (Leningrad) 27 14 (CA No. 99:74460n).
- [10] Kotlyarevsky I. L., Alferiev I. S. Krasnukhina A. V., Pomazov V. D. and Egorov N. V. (1984), Reagents in the minerals industry (eds) M. J. Jons and R. Oblatt (London: IIM Pub.) p. 173.
- [11] Mining chemicols hondbook, 1986. A. CYANAMID Company
- [12] T.G.Charan and G.V.Rao. (1990) "Flotation of Scheelite with Alkyl Sulpho-succinate Collector." Aufbereitungs-technik 31 Nr. 8 p. 442-446
- [13] Radosavljević S., Stojanović J. i Kašić V., "Studija- minealogija polimetalične rude rudnika Rudnik" Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Franše d'Eperea 86, P.Box 390, 11000 Beograd
- [14] Milanović, B. Dragan, Uticaj veličine čestica na fenomene flotabilnosti minerala šelita; Doktorska teza univerzitet u Beogradu Tehnički fakultet u Boru Odsek za mineralne i reciklažne tehnologije

UDK: 504.06:622.272(045)=861

Mirko Ivković*, Jovo Miljanović*

PARAMETRI UTICAJNI NA ŽIVOTNU SREDINU U RUDNIKU „SOKO“ – SOKOBANJA

PARAMETERES INFLUENCE ON LIFE ENVIRONMENT IN MINE „SOKO“ SOKOBANJA

Izvod

Eksploracija uglja kako pri površinskoj, tako i pri podzemnoj eksploraciji dovodi do degradacije životne sredine i to, uglavnom, sa tri aspekta: iscrpljivanjem rezervi, razaranjem prirodne sredine i zagadživanjem faktora sredine.

U ovom radu razmatran je problem ugrožavanja životne sredine pri izvođenju rudarskih radova u ležištu uglja rudnika „Soko“ Sokobanja.

Ključne reči: podzemna eksploracija, zaštita životne sredine, ugalj.

Abstract

Coal mining, in open cut winning system, as well as in underground mining, bas for result surface disintegration of environment in three aspects: exhausting of mineral reserves, environment destruction and contamination.

This paper considers problem of environment endanger during mining works in coal deposit „Soko“ in Sokobanja.

Key words: underground mining, living environment protection, coal

UVOD

Bez obzira na određene štetnosti koje sa sobom nosi podzemna eksploracija uglja ova privredna delatnost je bila i ostala nužnost. Pred stručnjacima koji se bave eksploracijom mineralnih sirovina stoji najvažniji zadatak: maksimalno ekonomično i sigurno eksplorisati ležišta, uz minimalno ugrožavanje radne i životne sredine. Uslov za realizaciju navedene po stavke je dobro poznavanje štetnosti koje se prouzrokuju eksploracijom, kako bi se one smanjile na najmanju moguću meru.

Eksploracija uglja u rudniku „Soko“ vrši se u delu ležišta koje se nalazi kod

sela Čitluk, gde se izgrađeni objekti otvaranja i rudnički infrastrukturni objekti. Dugogodišnjom eksploracijom uglja od 1908. godine do danas stečena su obilata iskustva o međusobnoj sprezi eksploracija uglja – životna sredina.

Ležišta uglja „Soko“ nalazi se u severoistočnom delu Sokobanjskog basena, gde tercijarne naslage imaju najveću debljinu. One su, prema litološkim karakteristikama i paleontološkim odredbama, rasčlanjene u četiri serije:

- Staropaleogena (paleocen – eocen),
- Čitlučka ugljonošna (slatkovodni srednji miocen),

* JP PEU Resavica

- Vrmdžanska ugljenosna (jezerski gornji miocen – panon) i
- Završna klastična (pliocen – eopleistocen).

Sokobanjski basen predstavlja tektonsku potolinu pravca pružanja istok – zapad, nagnutu prema jugozapadu, i uslovno je podeljen na dve morfološke celine: obodni deo basena i sam basen. Obodni deo je izgrađen od karbonatnih i delom laporovito – peščarsko – konglomeratičnih naslaga, koje se odlikuju pretežno krvstnim reljefom u kome se ističu krečnjački masivi planina Device, Rтанj i Ozren. Tercijarni basen je zapunjeno mlađim naslagama i odlikuje se blago zatalasanim reljefom sa nadmorskim visinama od 400 m u dolini reke Izgare koja protiče preko ležišta, do oko 700 m uz obronke okolnih planina.

Rudnik je udaljen 12 km od Sokobanje na regionalnom putu Aleksinac – Sokobanja – Knjaževac. Infrastrukturu rudnika, pored jamskih objekata, čine i spoljni objekti: upravna i pogonska zgrada, klasičnica i „Parnaby“ separacija, izvozno i ventilaciono okno sa pripadajućom opremonom, elektro i mašinske radionice i objekti napajanja pogonskom energijom.

Rezerve kvalitetnog mrkog uglja procenjene su na preko 250 miliona tona, što obezbeđuje duži vek eksploatacije. Sadašnja proizvodnja uglja kreće se oko 150.000 t/god. a izgrađeni infrastrukturni objekti omogućuju višestruko uvećanje kapaciteta, uz uslov modernizacije tehnološkog procesa.

OPIS UŽE I ŠIRE LOKACIJE

Područje rudnika karakteriše brdsko-planinski teren, nadmorskih visina od 250 do 1187 m. Jugozapadno od rudnika je planina Ozren u čijem podnožju je poznato banjsko lečilište Sokobanja. U pravcu zapada, od rudnika ka Sokobanji, proteže se udolina duž koje teče reka Moravica, sa svojim vrelom na oko 0,5 km od rudničkog kompleksa. Severno od rudničkog kompleksa na oko 0,5 km je jalovište na

koje se odlaže jalovina iz procesa eksploatacije, a koje menja pejzažne karakteristike tog terena.

Pejzažu šire okoline doprinosi i Bovanjsko jezero, locirano duž puta Sokobanja–Aleksinac, a u podnožju planine Rтанj nalazi se Vrmažonsko jezero.

Hidrografska mreža Sokobanjskog basena pripada slivu Južne Morave, a uži prostor ležišta slivu Moravice. U blizini rudnika protiče reka Izgra koja prikuplja vode iz više stalnih i povremenih vodotokova.

Oblast navedene lokacije karakteriše umerenokontinentalna klima i, delimično, planinska u višim delovima planina. U bližoj okolini rudnika od nepokretnih dobara izdvaja se stari grad Sokograd, izgrađen neposredno uz Sokobanju. Izuzev crkava, u okolnim selima ne postoje drugi sakralni objekti, kao ni nepokretna kulturna dobra koja bi mogla biti ugrožena radovima eksploatacije uglja. Iznad Sokobanje nalazi se izletište Ozren sa veštačkim jezerom, Ozrenском pećinom, vodopadom Ripaljka, izletištem Kalinovica i Specijalnom bolnicom.

Pored jame i izgrađenih rudničkih objekata u eksploatacionom području i u njegovoj neposrednoj blizini, ne postoje drugi privredni objekti koji imaju uticaj na stanje životne sredine.

PARAMETRI NA OSNOVU KOJIH SE MOGU UTVRDITI ŠTETNI UTICAJI EKSPLOATACIJE NA ŽIVOTNU SREDINU

Tehnološke faktore životne sredine čine zemljишte, nadzemne i podzemne vode i vazduh sa svim klimatskim promenama. Štetni uticaji eksploatacije uglja na životnu sredinu u predmetnoj lokaciji se moraju utvrditi i pratiti s obzirom na ove faktore.

1. Zauzimanje zemljишta čvrstim otpadom na lokaciji jalovišta je stalni proces i iziskuje redovno praćenje geodetskim merenjima. Pri ovome se kontrolišu konture odlagališta i prati stabilnost kosina i njihovo ponašanje pod

dejstvom atmosferilija. Na delovima odlagališta na kojima je završeno odlaganje nanosi se humus i sadi trava i drveće tako da se kosine stabilizuju i ozelene dok se drugi delovi nasipaju.

2. Ugalj u jami „Soko“ otkopava se komorno-stubnom metodom sa tehnologijom dobijanja miniranjem i sa zarušavanjem krovine. S obzirom na to da se otkopava ugljeni sloj velike debljine na malim i srednjim dubinama, prisutne su deformacije površine terena i oštećenja izgrađenih objekata na površini koji se nalaze u zoni otkopavanja. Sleganje terena je pojava koja ima svoj početak, posle nekog intervala vremena koji je zavisan od dubine ležišta i čvrstoće višeletežičih stena. Sleganje može da traje godinama, jer najpre dolazi do horizontalnih i vertikalnih pomeranja, a zatim se vertikalno sleganje sabijanjem krovine nastavlja više godina posle prvih znakova pomeranja terena.

Za praćenje pomeranja površine terena iznad otkopanih prostora preko eksploracionog polja postavljeni su betonski reperi u više poprečnih i uzdužnih profila. Opažanje pomeranja pri nailaženju otkopa i posle prolaska otkopa ispod njih vrši se na svakih šest meseci, dok se između prethodnog i poslednjeg merenja ne konstatiše smirivanje pomeranja. Ovako provedena merenja upoređuju se sa modelom sa kojim je izvršena prognoza radi ispravke u modelu i određivanja vremena za koje dolazi do sleganja nakon prolaska otkopa ispod nekog profila repera na površini. Utvrđivanjem reoloških podataka može se prognozirati dinamika otkopa, veličina pomeranja i blagovremeno izmeštanje objekata koji mogu biti ugroženi, kao i uticaj ulegnuća na ekološke faktore životne sredine.

3. Odvodnjavanje Jame „Soko“ ustrojeno je višestepeno tako što se voda prikuplja, u dubljim delovima i na lokacijama pojavljivanja, u pomoćne vodo-

sabirnike odakle se izbacuje u glavni vodosabirnik i dalje na površinu. Kod pomoćnih vodosabirnika i glavnog vodosabirnika izgrađeni su taložnici u kojima se talože čvrste čestice iz vode. Voda koja se izbacuje iz jame je hemijski ispravna i kvartalno se laboratorijski kontrolišu na uzorci vode uzeti u glavnom vodosabirniku te u recepientu, pre i posle uliva.

Voda koja se upotrebljava u mokroj separaciji uglja Parnaby ima zatvoren ciklus tako da ne utiče na zagadenje okolnih vodotokova.

4. Podzemnu eksploataciju prati određeno sleganje površine terena i presušivanje izvora i bunara u zoni deformacija površine. Domet zone uticaja ulegnuća na isušivanje višeletežeg vodonosnog horizonta zavisi od njegove debljine, koeficijenta poroznosti i koeficijenta filtracije. On se može odrediti za svaki profil, odnosno stranu profila u okviru ulegnuća po formuli:

$$X = 2 \frac{K}{P} \ell_n \cdot S, \text{ gde su}$$

X – domet uticaja ulegnuća na isušivanje podzemnih voda;

K – koeficijent filtracije vode kroz višeleteži vodonosni nivo;

P – koeficijent poroznosti;

S – debljina vodonosnog horizonta.

Nivo vode u okolnim bunarima prati se kako u zoni uticaja tako i van ove zone, pomoću mernih sondi u određenim vremenskim periodima.

Uticaj ulegnuća na podzemne vode prati se i putem priliva vode u rudničke prostorije. Ako se prliv povećava, to znači da ulegnuće drenira vodu iz vodopropusnih slojeva i arteške vode. Ako ta pojava izostaje onda znači da krovinske vodonepropisne glinovite stene u ulegnuću sprečavaju prodor vode, odnosno da su dovoljno plastične da ne stvaraju pukotine pri povijanju.

5. U slučaju rudnika „Soko“, lokacija na kojoj se može eventualno kratkotrajno pojaviti aerozagadjenje je ventilaciono postrojenje ugrađeno na vretenom oknu za izvođenje istrošene vazdušne struje. Rudarskim propisima ograničen je sadržaj štetnih gasova u jamskom vazduhu i mora biti ispod MDK. Sadržaj gasova u jamskom vazduhu i na izlazu (ventilaciono postrojenje) kontroliše se stalno putem instalisanog sistema automatske daljinske kontrole gasnih, ventilacionih i požarnih parametara, kao i operativno, od strane odgovornih lica službe ventilacije petnaestodnevno.
- U pogledu zaprašenosti jamskog vazduha koji se izbacuje u atmosferu može se oceniti da se ova vrsta zagađenja isključuje s obzirom na visoku vlažnost izlazne vetrane struje.

MONITORING KVALITETA

S obzirom na konstatacije iz prethodne tačke, a u cilju analitičkog praćenja uticaja eksploatacije uglja na životnu sredinu u konkretnom ležištu, organizovani su i poslovi kontrole i merenja, i to:

- Geodetska i vizuelna kontrola odlaganja jalovine i stanja kosina vrši se periodično po ukazanoj potrebi;
- Geodetska merenja deformacija površine terena po zadatim profilskim linijama obavljaju se šestomesečno, a po potrebi i češće, a nakon smirivanja i u dužem periodu;
- Kvartalna merenja nivoa vode u okolnim bunarima;
- Redovno praćenje priliva vode, u skladu sa rudarskim propisima, u jamske prostorije;
- Kvartalno utvrđivanje kvaliteta vode na uzorcima iz jame i u recepipientu (pre i posle uliva);

- Operativna petnaestodnevna merenja količine jamskog vazduha kojom se provetrava jama i sadržaja u njemu štetnih komponenti.

ZAKLJUČAK

Pri dugogodišnjem izvođenju radova eksploatacije uglja u rudniku "Soko" značajna pažnja posvećivana je zaštiti životne sredine i u toj oblasti realizovana su mnogobrojna tehnička rešenja.

U konkretnom primeru uticaj radova eksploatacije uglja na životnu sredinu uglavnom je vezan za neposredni uticaj procesa eksploatacije na vodu, vazduh, zemljište i površinske objekte, kao i uticaj procesa prerade uglja, te se preduzimaju preventivne mere kojim se minimiziraju manifestacije na životnu sredinu.

LITERATURA

- [1] M. Ivković, J. Kecojević: Studija uticaja eksploatacije uglja u ležištu rudnika "Soko" na životnu sredinu, Beograd, 2006. godine
- [2] M. Ljubojev, R. Popović, M. Ivković: Deformacije stenskog masiva i sleganje površine terena uzrokovan podzemnom eksploatacijom mineralnih sirovina, Časopis Rudarski radovi br.1/2001, Bor, 2001. godine.
- [3] M. Ivković, M. Ljubojev: Primena metode konačnih elemenata za određivanje uticaja rudarskih radova na deformacije terena, časopis Elektroprivreda br.1/2002, Beograd, 2002. godine.
- [4] N. Vušović, I. Srvkota: Uticaj dosadašnje eksploatacije uglja u RMU "Soko" Sokobanja na pomeranje potkopanog terena i oštećenja objekata, časopis Rudarski radovi br. 2/2005, Bor, 2005. godine

UDK: 628.511(045)=861

*Dragoljub Urošević**.

**PRILOG PRORAČUNU KOLIČINA VAZDUHA ZA
OTPRAŠIVANJE U POGONIMA ZA PROIZVODNJU
GRADEVINSKIH PROIZVODA PRIMENOM
ASPIRACIONIH SISTEMA**

**CONTRIBUTION TO CALCULATION FOR AIR QUANTITIES FOR
DEDUSTING BY APPLICATION OF ASPIRATION
SYSTEMS IN OBJECTS FOR PRODUCING OF
BUILDING MATERIALS**

Izvod

Proračun optimalnih količina vazduha za otprašivanje podrazumeva postupak utvrđivanja količina vazduha na izvoru prašine koji je prekriven sistemom prekrivke iz koje se aspiracijom izvlači zaprašeni vazduh. Posmatrano sa matematičko-fizičkog aspekta, nema problema, ali u praksi se najčešće dogodi da se, zbog neadekvatnog modela proračuna, proces otprašivanja ne odvija dobro. Ovom nedostatku doprinosi i neadekvatan proračun mreže aspiracionog sistema, loše održavanje: hermetizacije i prekrivke na izvorima prašine, sistema cevovoda i filterskog agregata, kao i neodgovarajuća ispitivanja funkcionalnosti kompletног aspiracionog sistema, nakon rekonstrukcije mreže cevovoda ili filterskog agregata. Međutim, ovom prilikom se posvećuje pažnja najvažnijem problemu tj. proračunu potrebnih količina vazduha za otprašivanje primenom modela koji podrazumeva proračun količine vazduha samo na jednom konkretnom (tehnološki i tehnički definisanom) izvoru prašine.

Ključne reči: otprašivanje, aspiracioni sistem, proračun količine vazduha

Abstract

Calculation of requested optimal quantities of air for dedusting, implies the process of identification of air amount in the dust source, which is covered by coating system, from which the aspirations extract dedusted air.

Seen from the mathematical and physical aspect, there is no problem, but in practice it usually happens that because of inadequate calculation, dedusting process is not good. Inadequate calculation of aspiration network systems contributes as well as poor maintenance - pressurize and coatings on dust sources, the pipeline system and filter sets, and inadequate testing of the functionality of the complete aspiration system, after the reconstruction of the pipeline network or filter aggregate. However, this occasion advert to most important problem - calculation of air amount, needed for dedusting, by application of model that includes the calculation of air amounts only on one specific (technologically and technically defined) dust source.

Key words: calculation, optimal quantities of air, dedusting

* Institut za ispitivanje materijala a.d. Beograd

UVOD

Najveći problem pri projektovanju aspiracionih sistema za otprašivanje predstavlja odgovarajući postupak proračuna potrebnih količina vazduha za otprašivanje, koji će garantovati sigurno odvijanje ovog procesa. Posmatrano sa matematičko-fizičkog aspekta, nema problema, ali u praksi se dogada da se, zbog neadekvatnog modela proračuna, proces otprašivanja ne odvija dobro. Često, ovakvoj situaciji mogu doprineti: neodgovarajući proračun mreže aspiracionog sistema, loše održavanje hermetizacije i prekrivke na izvorima prašine, sistema cevovoda i filterskog agregata, kao i neadekvatna ispitivanja funkcionalnosti kompletног aspiracionog sistema, nakon rekonstrukcije mreže cevovoda ili filterskog agregata. Međutim, ovako kompleksan skup eventualnih defekata u radu aspiracionih sistema nije moguće obraditi u jednom radu, te ovom prilikom samo posvećujemo pažnju najvažnijem problemu tj. proračunu potrebnih količina vazduha za otprašivanje.

Predstavljanjem modela proračuna optimalnih količina vazduha za aspiraciju, autor želi da istakne mogućnost primene samo jednog postupka proračuna, za sve objekte u kojima se odvijaju procesi usitnjavanja, klasiranja i pretvara materijala. Oni se tretiraju u građevinarstvu (otpadna opeka sa malterom, otpadni beton bez armature i dr.), rudarstvu (priprema metaličnih i nemetaličnih mineralnih sirovina i dr.) i metalurgiji (prerada šljake kao sekundarne sirovine i dr.). Na taj način bi se olakšalo ne samo projektovanje, već i revizija projektovanih i izvedenih tehničkih rešenja otprašivanja.

REFERENTNI SISTEM

Model proračuna optimalnih količina vazduha potrebnih za otprašivanje, koji sledi, podrazumeva postupak utvrđivanja količina vazduha na izvoru prašine, prekrivenom sistemom prekrivke, iz koje

treba aspiracijom izvući zaprašeni vazduh. Model se odnosi na proračun količine vazduha za jedan konkretni (tehnološki i tehnički definisan) izvor prašine.

Ova količina vazduha se u daljem tekstu naziva „kapacitet aspiracionog mesta“, a veza aspiracionog sistema i prekrivke na izvoru prašine – „hauba“.

Model je namenjen određivanju kapaciteta aspiracionih mesta pri pretovaru rastresitog materijala čija je specifična gustina veća od 1200 kg/m^3 . Koristi se za novoprojektovane objekte, i kod rekonstrukcionih radova ili remonta u postojećem tehnološkom procesu, pri pretovaru rastresitog, prirodnog ili veštačkog materijala i to:

- komadni, relativno suv, hladan ili zagrejan materijal, u proizvodnim procesima u rudarstvu i/ili proizvodnji građevinskih materijala i proizvoda;
- hladan zrnasti i prašasti materijal u pripremi mineralnih sirovina u rudarstvu, obojenoj i crnoj metalurgiji (sa izuzetkom praškaste metalurgije) i u proizvodnji mašinskih elemenata i građevinskih materijala i proizvoda.

Model ne može da se koristi u pogonima za preradu radioaktivnih praškastih materija, a takođe i za materijale iz kojih se u fazi transporta izdvajaju plemeniti gasovi i pare ili dolazi do obrazovanja eksplozivnih smesa.

METODOLOGIJA

Definicija. Predloženom metodologijom moguće je razmatranje i proračun količina vazduha za optrašivanje sistemom aspiracije zaprašenog vazduha na izvoru, koji nastaje kao posledica pretovara rastresitog materijala. U zavisnosti od veličine komada u rastresitom materijalu (d), specifične gustine (γ) veće od $1,2 \text{ t/m}^3$ i stepena zagrejanosti (t), obuhvaćene su dve grupe:

- hladan (komadni, zrnasti i prašasti) materijal, ili zagrejan do 35°C i
- zagrejan komadni materijal do temperature od 600°C .

Klasifikacija. Predložena metodologija se odnosi na sledeće tri grupe rastresitog materijala. Ako rastresit materijal ima sledeće osnovne karakteristike: $d \geq 3,0$ mm pri $\gamma \geq 2000$ kg/m³ ili $d \geq 7,0$ mm pri $\gamma \geq 1200$ kg/m³, onda on spada u grupu komadastog materijala. Ukoliko rastresit materijal ima sledeće karakteristike: $0,2 \leq d < 3,0$ mm pri $\gamma \geq 2000$ kg/m³ ili $0,2 \leq d < 7,0$ mm pri $\gamma \geq 1200$ kg/m³, onda spada u grupu zrnastih materijala. Najzad, ako rastresit materijal zapreminske mase $\gamma \geq 2000$ kg/m³ sadrži čestice srednjeg prečnika $d < 0,2$ mm, u količini većoj od 50%, pri čemu je gornja granična krupnoća čestice 1,5 mm, onda spada u grupu praškastih materijala.

Prekrivka. Za otprašivanje pretovarnih mesta rastresitih materijala neophodno je postaviti odgovarajuću prekrivku, kako bi se realizovao postupak odvođenja zapršenog vazduha. (slika 1, skica 1). Detalji ove prekrivke se ne opisuju tehnički, već samo tehnološki i za potrebe opisivanja modela.

Tehnički i tehnološki uslovi. Osnovni tehnički i tehnološki uslovi predložene metodologije su sledeći:

- a) Model je urađen za najčešći vid pretovarnog mesta – sa jednog transporteru sa trakom ili dodavača na drugi transporter sa trakom, ali se princip može primeniti i na druga pretovarna mesta, odnosno izvore prašine (sita, drobilice, mešalice, bunker i dr.).
- b) U cilju optimizacije količine vazduha za otprašivanje neophodno je (vidi sliku u poz. 1 Elementi modela):
 - da donja prekrivka bude dvostruka (slika 1, skica 2), da se unutar prekrivke na donjem transporteru, pri

pretovaru zrnastih i praškastih materijala, postavi čvrsta (neelastična) poprečna pregrada (slika 1, skica 1 i 2), da brzina kretanja materijala na ulazu u donju prekrivku ne prelazi 10 m/s. Ovo se može ostvariti ako je poslednji deo sipke (odbojna skliznica), postavljen pod blagim uglom u odnosu na horizontalu, maksimalno 45° (slika 1, skica 3) i

- da se na dugim vertikalnim delovima skliznice ugrađuju odbojne površine (ploče), slika 1, skica 4.
- c) Brzina vazduha na mestu gde je priključena hauba za prekrivku ne treba da bude veća od: za komadne materijale 2,0 m/s, za zrnaste materijale 1,0 m/s i za praškaste materijale 0,7 m/s.

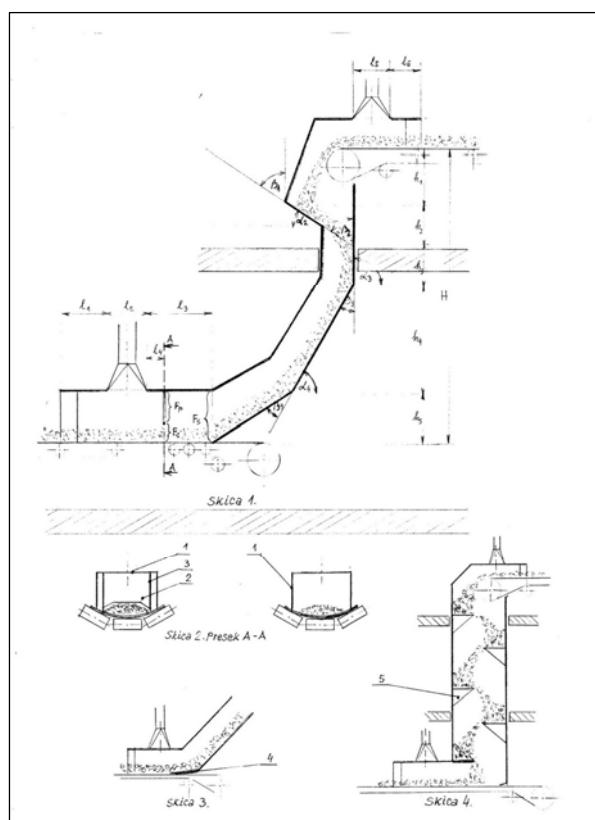
MODEL

Proračun kapaciteta aspiracionog mesta, u skladu sa opisanom metodologijom, definisan je procedurom opisanom u formularu „Model proračuna količina vazduha za otprašivanje“ i pomoćnim tabelama pod nazivima: „Ulazni podaci za proračun kapaciteta aspiracionog mesta“ i „Podaci koji se računaju u postupku proračuna kapaciteta aspiracionog mesta“, koji sledi.

Opisan postupak proračuna podrazumeva preuzimanje izvesnog broja podataka kao proračunate vrednosti. Ovi podaci su rezultat ispitivanja u konkretnim uslovima pretovara i statističke obrade dobijenih rezultata parcijalnih ispitivanja. Grupa ovih podataka data je u vidu tabela u formularu „Model proračuna količina vazduha za otprašivanje“.

Tabela 1. Ulazni podaci za proračun kapaciteta aspiracionog mesta

	OPIS	Oznaka	Jedinica mere	Vrednost
1.	Količina materijala u pretovaru	A	kg/s	
2.	Specifična gustina materijala u pretovaru	γ	kg/m ³	
3.	Temperatura materijala u pretovaru	t	°C	
4.	Specifična gustina vazduha u prostoriji	γ_0	kg/m ³	
5.	Širina trake gornjeg transporterja	B_1	m	
6.	Širina trake donjeg transporterja	B_2	m	
nx7.	Visina parcijalnih delova skliznice	h_i	m	
nx8.	Ugao nagiba delova skliznice	α_i	°	
nx9.	Ugao promene nagiba dva susedna dela skliznice	β_i	°	
10.	Površina poprečnog preseka skliznice na ulazu materijala u donju prekrivku	F_s	m ²	
11.	Površina poprečnog preseka donje prekrivke	F_p	m ²	
12.	Površina poprečnog preseka otvora na mestu prepreke u donjoj prekrivci	F_c	m ²	
13.	Gravitaciono ubrzanje usvojeno $g = 9,8 \text{ m/s}$	g	m/s ²	



Sl. 1. Grafički prikaz uz Model:

1. Spoljna prekrivka,
2. Unutrašnja prekrivka,
3. Čvrsta (neelastična) poprečna pregrada,
4. Odbojna skliznica,
5. Odbojna pregrada.

Tabela 2. Podaci koji se računaju u postupku proračuna kapaciteta aspiracionog mesta

R. br.	OPIS	Oznaka	Jedinica mere	Veza sa modelom u tački
1.	Konačna brzina kretanja materijala u skliznici pri ulazu u donju prekrivku	V_k	m/s	2.
2.	Koeficijent trenja materijala o podlogu skliznice	f_i		2.1.
3.	Koeficijent promene brzine kretanja materijala kroz skliznicu zbog promene nagiba skliznice	K_i		2.2.
4.	Koeficijent gustine toka materijala pri protoku kroz skliznicu	S		2.3.
5.	Prosečna veličina delova materijala u protoku	d	mm	3. 3.1.
6.	Ukupni i parcijalni lokalni otpori kretanju vazduha kroz skliznicu	$\sum \xi_i$		4. 4.1. 4.2.
7.	Nehermetičnosti prekrivke na gornjem transporteru	F_g	m^2	6.
8.	Nehermetičnosti prekrivke na donjem transporteru	F_d	m^2	5.
9.	Depresija unutar prekrivke na gornjem transporteru	P_g	mP_a	6.
10.	Depresija unutar prekrivke na donjem transporteru	P_d	mP_a	5.
11.	Razlika depresija P_g i P_d	ΔP	mP_a	8.2.
12.	Toplotni pritisak unutar skliznice usled zagrevanja vazduha zbog protoka zagrejanog materijala	P_t	mP_a	7.
13.	Specifična gustina vazduha unutar skliznice	γ_p	kg/m^3	7.
14.	Širina prekrivke na gornjem transporteru	C_1	m	1.6.
15.	Širina prekrivke na donjem transporteru	C_2	m	1.6.
16.	Osnovne konstruktivne karakteristike donje prekrivke - visina prekrivke - rastojanje od skliznice do haube - rastojanje od kraja haube do kraja prekrivke - manja dimenzija pravougaone haube	h l_3 h_1 l_2	m m m m	Slika 1.
17.	Količina vazduha koja prolazi kroz nehermetičnosti gornje prekrivke	R_g	m^3/h	6.
18.	Količina vazduha koja prolazi kroz nehermetičnosti donje prekrivke	R_d	m^3/h	5.
19.	Korelacioni faktor strujanja vazduha kroz sistem pretovara usled razlike temperature materijala i vazduha	N		8.1. 8.2.
20.	Korelacioni faktor strujanja vazduha kroz sistem pretovara	M		9.
21.	Koeficijent ežekcije nastale usled kretanja materijala kroz sistem protovara	E		10.
22.	Količina vazduha za aspiraciju usled ežekcije	Q_e	m^3/h	11.
23.	Ukupna količina vazduha za aspiraciju	$Q, Q_e,$ Q_d	m^3/h	12. 12.1.

MODEL PRORAČUNA KOLIČINA VAZDUHA ZA OTPRAŠIVANJA

- 1. Skica pretovarnog mesta sa označenim elementima cele skliznice i gornje i donje prekrivke:**

$$H_i, \alpha_i, l_i, F_c, F_p, F \text{ i } h$$

- 2. Proračun konačne brzine kretanja materijala na ulazu u donju prekrivku,**

$$V_k \text{ (m/s)}$$

- a) za početni vertikalni deo:

$$V_i = 4,43\sqrt{H_i}; \text{ (m/s)}$$

- b) za vertikalni deo, posle dela pod nagibom:

$$V_i = \sqrt{(K_i V_{i-1})^2 + 19,6 H_i}; \text{ (m/s)}$$

- 2.2. Koeficijent promene brzine kretanja materijala zbog promene pravca kretanja, K_i za ugao $\beta_i = \alpha_{i-1} - \alpha_i$.**

β_i	60	50	45	40	30	20	10	0
K_i	0,5	0,65	0,7	0,75	0,85	0,93	0,97	1

- 2.3. Osnovne konstruktivne karakteristike gornje i donje prekrivke, l_1, l_2, l_3 i h, c_1, c_2, m**

B_2, m	c_1, c_2 m	h m	l_1 m	l_2 m	l_3 m
0,5	Po relaciji $C=0,8B$	0,35	0,25	U skladu sa $c_1(c_2)$ u potrebnim dimenzijama haube	0,60
0,8		0,40	0,40		1,0
1,0		0,50	0,50		1,2
1,2		0,60	0,60		1,5
1,4		0,80	0,70		1,7
1,8		0,90	0,80		1,9
2,0		1,0	1,0		2,4

- 2.4. Proračun koeficijenta rastresenosti materijala pri protoku kroz skliznicu:**

$$S = \frac{11800 A}{F \cdot \gamma \cdot V_k}$$

- c) za delove pod nagibom:

$$V_i = \sqrt{(K_i V_{i-1})^2 + 19,6 H_i (1 - f_i c t g \alpha_i)}; \text{ (m/s)}$$

- d) Početna brzina materijala kada napušta transporter ili dodavač i ulazi u prvi deo skliznice iznosi: $V_o = 0$ (m/s).

- e) Ako je cela skliznica vertikalna, onda se konačna brzina određuje po relaciji dатој под а), а ако postoji jedna odbojna ploča, onda se računa po relaciji под б).

2.1. Koeficijent trenja materijala o podlogu skliznice, f_i

Vrsta podloge	Od čelika	Od drveta	Od betona
f_i	0,30-0,50	0,45-0,85	0,80-1,0

- 3. Prosečna veličina komada materijala u protoku**

$$d = 0,01 \sum_{i=1}^{i=n} d_i \cdot m_i, \text{ (mm)}$$

3.1. Granulometrijski sastav

d_i, mm	8	90-70	70-50	50-30	20-18	18-12	12-8	8-6	6-3	3-1	v
$m_i, \%$											

	F_0 / F_p				
F_0 / F_p	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
1,0	200	44	18	8	4
0,8	125	28	11	5	3
0,5	55	10	4	2	1
0,2	8	2	1	0,5	0,1

4. Zbir koeficijenata parcijalnih lokalnih otpora gornje (ξ_1) i donje (ξ_4) prekrivke, vertikalnog dela skliznice (ξ_2) i čestih promena pravca (ξ_3):
- $$\sum_{i=1}^{i=n} \xi_i = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4$$

- 4.1. Vrednosti parcijalnog lokalnog otpora (ξ_4), koji zavisi od konstrukcije donje prekrivke (veličine F_c , F_p i F_g sa skice 1.)

5. Nehermetičnosti donje prekrivke, $F_d (m^2)$, količina vazduha $R_d (m^3/h)$ koja prolazi kroz F_d , i podpritisak ispod donje prekrivke, $P_d (mPa)$ za transportere sa trakom i člankaste transportere.

Širina trake B_2, m	Razmak između transportne trake i prekrivke (nehermetičnost) a, mm							
	Komadni materijal		Zrnasti materijal		Praškasti materijal	Suvzagrejan komadni materijal		
	Jednostruka prekrivka $a = 30$	Dvostruka prekrivka $a = 30$	Jednostruka prekrivka $a = 15$	Dvostruka prekrivka $a = 15$	Dvostruka prekrivka $a = 15$	Tračni transporter	Člankasti transporter	
	Količina vazduha $R_d (m^3/h)$ za maksimalni podpritisak $P_d (mPa)$							
	120	80	100	80	60	120	80	40
	0,5	1050	850	450	425	360	1050	850
0,8	1600	1250	700	675	550	1600	1250	Po relaciji $R_d = 6000F_d$
1,0	1900	1500	850	750	675	1900	1500	
1,2	1250	1800	1000	900	750	2250	1800	
1,4	2550	2100	1150	1050	900	2550	2100	
1,8	2900	2300	1300	1150	1000	2900	2300	
2,0	3600	2950	1600	1475	1250	3600	2950	

6. Nehermetičnosti gornje prekrovke $F_g (m^2)$, vrednosti depresije ispod gornje prekrovke $P_g (mPa)$ i količine vazduha $R_g (m^3/h)$ koje prolaze kroz F_g

Širina trake B_1, m	Površina nehermetičnosti F_g, m^2	Količina vazduha R_g za maksimalnu depresiju P_g			
		Transporter sa trakom $P_g = 60(mPa)$		Člankasti transporter $P_g = 40(mPa)$	
		Srednja hermetizacija	Dobra hermetizacija	Srednja hermetizacija	Dobra hermetizacija
0,5	0,2	0,1	1500	750	Po relaciji $R_g = 6000F_g$
0,8	0,3	0,2	2200	1500	
1,0	0,5	0,35	3700	2600	
1,2	0,6	0,45	4400	3300	
1,4	0,8	0,55	5900	4050	
1,8	1,2	0,9	8900	6600	
2,0	1,75	1,2	12900	8900	

7. Vrednosti potpritisaka u sistemu P_t usled toplove materijala t_m za jedan metar visine pretovara (mPa/m^3) , temperatura vazduha t_p i gustina vazduha γ_p ispod prekrovke

Temperatura materijala, $t_m, {}^\circ C$	30	50	75	100	150	200	250	300	350	400	500	600
Temperatura vazduha, $t_p, {}^\circ C$	22	32	43	52	62	75	87	95	104	114	128	138
Gustina vazduha, $\gamma_p, kg/m^3$	1,19	1,16	1,11	1,08	1,05	0,99	0,98	0,96	0,94	0,92	0,88	0,86
Toplotni potpritisak, $P_t, mPa/m$	1	3	5	7	9	11	12	13	14	15	17	18

8. Proračun korelacionih faktora (N) strujanja vazduha kroz sistem usled razlike temperature materijala i vazduha:

8.1. Za hladne materijale

$$N = 16,4 \frac{P_d}{V k^2 \sum \xi}$$

8.2. Za zagrejane materijale

$$N = 16,4 \frac{P_d}{V k^2 \sum \xi}$$

Kad nema gornje haube $\Delta P = P_d - P_t$,

a kada ima gornje haube $\Delta P = (P_d - P_g) - P_t$. Veličinu P_g uzeti iz tabele 6., a veličinu P_t iz tabele 7.

9. Utvrđivanje korelacionog faktora (M) strujanja vazduha kroz sistem prekrovki i skliznice:

$$M = 0,08 \frac{V k^2 \cdot S}{d^2 \sum \xi} e^{-1,6 \left(\frac{s}{d} \right)^2}$$

10. Proračun koeficijenta ežekcije E :

a) Kada se u sistemu vazduh kreće u istom smeru kao i materijal, odnosno kada je: $0,09 - 0,2M > N > -0,66$

$$E = \frac{0,765M}{1-0,9M} \sqrt{1 + \frac{(0,66M+N)(1-0,9M)}{0,585M^2}} - 1$$

- b) Kada se u sistemu vazduh kreće u suprotnom smeru od materijala, odnosno kada je $N \leq 0,66M$

$$E = \frac{0,765M}{1+0,9M} \sqrt{1 - \frac{(0,66M+N)(1+0,9M)}{0,585M^2}} - 1$$

11. Proračun količine vazduha usled ežekcije

$$Qm = 3600EVkF, m^3 / h$$

12. Proračun količina vazduha za aspiraciju, $Q, m^3 / h$

Lokacija aspiracionog mesta (haube)	Hladan materijal	Zagrejan materijal	
		Pri $N > -0,66M$	Pri $N \leq -0,66M$
Na prekrivci gornjeg transporterja $Q_g, m^3 / h$	Samo za praškasti materijal 400B ₁	$1,1 \left(R_g - Q_m \frac{\gamma_p}{\gamma_0} \right)$	$1,1 \left(R_g - Q_m \right)$
Na prekrivci donjeg transporterja $Q_d, m^3 / h$	$R_d + Q_m$	$1,1 \left(R_d - Q_m \right)$	$1,1 \left(R_d - Q_m \frac{\gamma_p}{\gamma_0} \right)$

12.1. Ukoliko se proračunom dobije $Qg \leq 0$ onda se ne projektuje aspiraciono mesto na gornjoj prekrivci. U tom slučaju se ponovo računa Q_d u uslovima kao da nema Q_g .

ZAKLJUČAK

Prstavljeni model proračuna količina vazduha za aspiraciju je osnovni element tehničke mere zaštite metodom otprašivanja. Ova tehnička mera ima dva aspekta zaštite: u radnoj sredini i životnoj sredini, i zbog toga se često primenjuje u praksi. Zato je vrlo važno da se određivanje količina vazduha za aspiraciju izvodi na najbolji način, a predložena metoda proračuna pruža dobru priliku za to. Model proračuna je opisan na primeru pretovara materijala sa višeg na niži transporter sa trakom, ali je principijelno moguće, na bazi ovog modela, realizovati i model za proračun za pretovorno mesto između bilo kojih drugih mašina za obradu ili transport mineralnog materijala u građevinarstvu i rудarstvu.

Model proračuna je nastao kao rezultat istraživanja na projektu „Istraživanje, razvoj i primena metoda i postupaka ispitivanja,

kontrolisanja i sertifikacije nemetaličnih građevinskih proizvoda, otpadnih materijala i upravljanje rizikom u skladu sa međunarodnim standardima“ ev.br. 19017. A, rad na njemu je počeo u okviru istraživanja u projektu „Istraživanje, razvoj i primena metoda i postupaka ispitivanja, kontrolisanja i sertifikacije građevinskih proizvoda u skladu sa zahtevima međunarodnih standarda i propisa“ – ev. br. TD7024B. Oba projekta je finansiralo Ministarstvo za nauku i tehnologiju Srbije. Istraživanjima su postignuta dva cilja: (1) korišćenjem rezultata dosadašnjih istraživanja u svetu i njihovom proverom i nadgradnjom u teoretskom i praktičnom smislu, realizovana je nova metoda i (2) usaglašavanjem procedure proračuna sa zahtevima evropskih normi, realizovan je postupak harmonizacije i omogućena eventualna izrada adekvatnog zakonskog regulativa.

LITERATURA

- [1] Hemeon W. C.L, Plant and Process Ventilation, The Industrial Pres, New York 1955.
- [2] Larson S, Air Induction by Falling Materials as a Basic for Exhaust Hood Design, University of Pittsburg, 1952.
- [3] Шумилов Р.Н. Обеспиливание в металлургии, Металлургия, Москва 1971.
- [4] Alden S. L., Kane J. M., Design of industrial exhaust systems, Industrial press Inc, New York 1970.
- [5] Неиков О. Д., Логачев И. Н., Аспирација при транспорту порошкастих материјала, Металургија, Москва 1973.
- [6] Неиков О. Д., Логачев И. Н., Шумилов Р.Н., Аспирација паропилевых смесей при обеспиливании технологического оборудования, Наукова думка, Киев 1974.
- [7] Неиков О. Д., Логачев И. Н., Аспирација при производству порошковых материалов, Металургия, Москва 1973.
- [8] D. Urošević, D. Đuranović, Problemi ekonomске procene vrednosti rudnika i rezervi mineralnih sirovina u Srbiji, Časopis, Rudarski radovi br. 1; 2007. god.

UDK: 662.87:622.272(045)=861

*Mirko Ivković**, *Milenko Ljubojev***

OCENA UGROŽENOSTI EKSPLOZIVNOM UGLJENOM PRAŠINOM U PODZEMNIM RUDNICIMA UGLJA U SRBIJI

ENDANGER EVALUATION OF EXPLOSIVE COAL DUST IN UNDERGROUND COAL-MINES IN SERBIA.

Izvod

Obimnim istraživanjima svojstava ugljene prašine dokazano je da je ona u podzemnim rudnicima uglja u Srbiji eksplozivno opasna, izuzev prašine antracita rudnika „Vrška čuka“. Pored toga, utvrđeno je da ugljena prašina iskazuje i zapaljiva i agresivna svojstva, a što ugrožava zaposlene u rudnicima i sam rudnik, te je neophodno sistematski sprovoditi mere zaštite, pri čemu posebnu ulogu ima kontrola zaprašenosti.

Ključne reči: *uglav, ugljena prašina, eksplozivnost prašine*

Abstract

In detailed reserches of coal dust properties it has been proved that coal dust in underground end coal-mines in Serbia is very explosive and dangerous, except the anthracite coal dust in “Vrška čuka” mine. It is also affirmed that the coal dust is inflammable and aggressive, which is very dangerous for mine-worhees also for mine. It is necessary to convey methodical safety measures, especially dustiness control.

Key words: *coal, coal dust, explosibility of coal dust*

UVOD

Eksplozije ugljene prašine u podzemnim rudnicima imaju daleko veće i teže posledice nego eksplozije gasova. Da bi ugljena prašina eksplodirala potrebno je da se vremenski podudari više faktora:

- izraženo eksplozivno svojstvo prašine,
- uskovitlano stanje prašine i povoljan disperzni sastav,
- smesa prašine u odgovarajućoj razmeri i

- izvor paljenja smese.

U procesu paljenja i eksplozije ugljene prašine razvijaju se visoke temperature i velike količine toplove, a to nosi i visoke pritiske u delu podzemne rudničke atmosfere koju je zahvatila eksplozija. Razvijeni pritisci prouzrokuju snažne i razaračuće vazdušne udare koji, uz ostala dejstva, izazivaju snažno uskovitlavanje prašine, čime daju lanac paljenja i eksplodiranja

* JP PEU Resavica

** Institut za rударство i metalurgiju Bor

ugljene prašine u podzemnim prostorijama. Sve ovo se odigrava izuzetno velikom brzinom, što stvoreni lanac paljenja prašine pretvara u jedinstveni proces upale i eksplozije u zahvaćenom prostoru.

Uslova za stvaranje ugljene prašine u rudnicima uglja ima, praktično, svugde, a takođe, široke su i mogućnosti njenog uzvitlavanja, te se moraju eliminisati izvori paljenja.

Za eliminisanje opasnih svojstava ugljene prašine neophodno je preduzimati niz preventivnih mera, a koje se grupišu u sledeće:

- mere kojima se sprečava stvaranje i taloženje prašine,
- mere kojima se onemogućava paljenje prašine,
- mere kojima se ograničava eksplozija prašine, ukoliko do nje dođe.

Na osnovu svestrane analize obavljenih ispitivanja svojstva ugljene prašine, karakteristika tehnoloških procesa u podzemnim rudnicima Srbije, te odredbi propisa i standarda koji regulišu oblast zaštite od eksplozivne ugljene prašine, u ovom radu se ocenjuje ugroženost i predlaže metodologija kontrole zaprašenosti u rudarskim prostorijama.

SVOJSTVA UGLJENE PRAŠINE U AKTIVNIM RUDNICIMA UGLJA U SRBIJI

Eksplotacija uglja podzemnim sistemom sada se obavlja u osam rudnika: Vrška čuka, (jama „Avramica“), Ibarski rudnici (jame „Jarando“ i „Tadenje“), „Rembas“–Resavica (jame „Strmosten; „Jelovac“ i „Senjski rudnik“), Bogovina (jama „Istočno polje“), Soko (jama „Soko“), Jasenovac (jama „Jasenovac“), Lubnica (jame „Stara jama, „Osojno–jug“) i Štavalj (jama „Štavalj“).

Kompleksna istraživanja eksplozivnih svojstava ugljene prašine razvrstana su u četiri grupe:

1. Laboratorijska ispitivanja hemijskih karakteristika: sadržaja isparljivih materija, pepela, vlage, karbonata i određivanje tačke švelovanja;
2. Ispitivanje fizičkih svojstava prašine: disperznog sastava, zapremske težine, specifične površine čestica i sposobnosti sprovođenja toplove;
3. Eksperimenti stvaranja eksplozivnih smesa i praćenja toka eksplozije u bombama za eksploziju u laboratoriji;
4. Eksperimenti eksplozije ugljene prašine u opitnom rovu. Sadržaj isparljivih materija je različito tretiran u propisima nekih zemalja. Neki postavljaju granicu na 10, 12 ili 14%, a po našim propisima ta granica je 14% (JUS B.Z1.061). Nataložena prašina iz sloja koji je ugrožen eksplozivnom ugljenom prašinom je bezopasna ako sadrži pepeo (nesagorive supstance) u količini većoj od 70% u nemetanskim prostorijama; odnosno 80% u metanskim prostorijama. Vlaga okolne atmosfere dvostruko utiče na eksplozivnu sposobnost prašine. Pri povećanoj vlazi teže dolazi do formiranja oblaka prašine, a sa druge strane vlažne čestice, da bi se dovele u stanje eksplozivne sposobnosti, moraju se prethodno osušiti, čime se utroše najveće količine toplove, pa se teško razvija proces eksplozije. Nataložena prašina je bezopasna ako sadrži grubu vlagu u količini koja onemogućava prenošenje eksplozije i koja u potpunosti sprečava uzvitlavanje ugljene prašine. Minimalni sadržaj grube vlage izračunava se po obrascu:

$$W = \frac{70 \cdot d + 2440}{d + 70} - 0,63 \cdot n(\%) \dots\dots\dots(1)$$

W – gruba vлага koja obezbeđuje da ugljena prašina ne može da lebdi (%),

d - sadržaj frakcije prašine ispod 70 nm (%),

n - sadržaj nesagorivih čestica u ugljenoj prašini.

Inače, istraživanjima eksplozivnih svojstava ugljene prašine u Srbiji bavili su se stručnjaci Rudarskog instituta iz Beograda 70-tih i 80-tih godina XX veka. Ovim ispitivanjima je dokazano da je ugljena pra-

šina u svim aktivnim ležištima eksplozivno opasna, izuzev u ležištu antracita „Vrška čuka“, dok za ležište uglja rudnika „Štavalj“ nisu obavljena ispitivanja. Rezultati ispitivanja prikazani su u tabeli br. 1

Tabela br. 1. Eksplozivna i zapaljiva svojstva ugljene prašine

RUDNIK - JAMA	Donja granica eksplozivnosti (g/cm ³)		Temperatura zapaljenja (°C)
	sa CH ₄	bez CH ₄	
Vrška Čuka – „Avramica“	-	-	-
Ibarski – „Jarando“	70 – 1110	220 – 470	630 – 700
„Tadenje“	-7	270	-
Rembas – „Senjski rudnik“	-	220 – 320	260 – 290
„Strmoseten“	180 – 280	320 – 380	280 – 290
„Jelovac“	230 – 310	300 – 420	270 – 280
Bogovina – „Istočno polje“	-	140	-
Soko – „Soko“	230	445	600 – 670
Jasenovac – „Jasenovac“	-	80	285
Lubnica – „Stara jama“	-	110 – 300	220 – 250
Štavalj – „Štavalj“	-	-	220 – 280

STANJE PROPISA I STANDARDA VEZANO ZA EKSPLOZIVNOST UGLJENE PRAŠINE

Oblast eksplozivnosti ugljene prašine u podzemnim rudnicima tretirana je kod nas, uglavnom, sledećim propisima i standardima:

- Pravilnik o tehničkim normativima za podzemnu eksploataciju uglja;
- Pravilnik o tehničkim meraima i zaštiti na radu pri rudarskim podzemnim radovima;
- Uputstvo za utvrđivanje stanja zaprašenosti jame eksplozivnom ugljenom prašinom i predu-zimanju tehničkih mera zaštite;
- JUS B.H9.005 Metode uzimanja uzoraka uglja za određivanje eksplozivnosti ugljene prašine;
- JUS B.Z1.063 Metode uzimanja uzoraka ugljene prašine za odre-

đivanje eksplozivnosti i utvrđivanje intenziteta izdvajanja ugljene prašine;

- JUS B.Z1.065 Metode određivanja eksplozivnosti ugljene prašine.

Prema navedenim dokumentima u svakoj jami mora se ispitati prašina sa gledišta eksplozivnosti, zapaljivosti i agresivnosti prema odgovarajućim standardima. To ispitivanje obavlja se pri svakoj promeni slojnih prilika i tehnološkog procesa. Ako se ispitivanjima utvrdi da je ugljena prašina eksplozivna, mora se izvršiti klasifikacija i kategorizacija jame, odnosno jamskih prostorija po stepenu opasnosti od eksplozivne ugljene prašine. Predviđeno je da se kontrola zaprašenosti obavlja najmanje jedanput sedmično, a kontrola sadržaja ugljene i kamene prašine na mestima stvaranja i taloženja eksplo-

zivne ugljene prašine najmanje jednom mesečno.

Pravilnicima su detaljno propisane mere zaštite od opasne ugljene prašine, i to:

- sprečavanje stvaranja eksplozivne ugljene prašine i sprečavanje eksplozije;
- otklanjanje opasnosti od eksplozije ugljene prašine vodom;
- otklanjanje opasnosti od eksplozije ugljene prašine kamenom prašinom, a čije je sprovođenje obavezujuće.

Kod odredbi propisa koji se odnose na merenja zaprašenosti uočava se nedorečenost. Naime, pravilnicima, standardima i uputstvima razrađen je detaljno postupak merenja zaprašenosti u jamskom vazduhu. Ovo dovodi do konfuzije jer pojam lebdeće prašine nije objašnjen. Da li je to prašina koja se taloži u vazduhu za vreme normalnog rada, ili se radi o nataloženoj prašini koju je moguće podići stvaranjem naglog vazdušnog pritiska (miniranje, eksplozija metana, naglo zarušavanje).

Meriti koncentracije lebdeće prašine u vazduhu, radi utvrđivanja eksplozivnosti, nema nikakvog smisla jer su one u normalnim uslovima male, a za eksploziju su potrebne koncentracije u desetinama i stotinama grama.

Merenje lebdeće prašine ima jedino smisla u cilju računskog određivanja vremenskog rizika, odnosno vremena za koje se kod odgovarajućeg izvora mogu nakupiti koncentracije prašine iznad donje granice eksplozivnosti. Ipak, je ovo samo orientacioni podatak, dok za stvarno utvrđene opasnosti od prašinu treba meriti nataloženu prašine „metodom poja-seva“, te na uzetim uzorcima izmeriti količine prašine, granulometrijskog sastava i sadržaja vlage i nesagorivih čestica.

Na osnovu dobijenih podataka i poređenja sa utvrđenom donjom granicom eksplozivnosti rudarske prostorije klasifikuju se prema opasnosti od eksplozivne

ugljene prašine i određuju adekvatne mere zaštite.

ZAKLJUČAK

Zaštiti ljudi i materijalnih dobara od opasnih svojstava ugljene prašine u podzemnim rudnicima uglja Srbije mora se posvetiti daleko veća pažnja nego što je to slučaj u dosadašnjoj praksi. U prvom redu, preduzimanje propisanih mera zaštite mora biti detaljnije i dosledno sprovedeno u skladu sa propisima, standardima i utvrđenim opasnostima.

U pogledu metodologije ocene ugroženosti eksplozivnom ugljenom prašinom neophodno je meriti nataloženu ugljenu prašinu u rudarskim prostorijama „metodom pojaseva“ i na osnovu toga ocenjivati ugroženost. Merenje lebdeće prašine u vazduhu jamskih prostorija može biti pomoćna metoda kojom će se utvrđivati vremenski rizik, a ne glavna metoda.

LITERATURA

- [1] A. Ćurčić: Industriske prašine kao potencijalni izvori opasnosti od eksplozije, Zbornik radova savetovanja „Požari i eksplozije“; Budva, 1987. godine
- [2] M. Ivković i dr.: Problematika borbe sa eksplozivnom ugljenom prašinom sa osvrtom na stanje standarda i propisa koji regulišu ovu oblast u jugoslovenskim rudnicima, Zbornik radova savetovanja „Tehnička regulativa u rудarstvu“; Herceg Novi, 1989. godine
- [3] M. Ostojić: Karakteristike ugljene prašine i parametri zapaljivosti i eksplozivnosti u rudnicima JP PEU, časopis „Rudarski radovi“ br. 2/2001, Bor, 2001. godine
- [4] M. Stjepanović : Strateški pristup planiranja razvoja i proizvodnje mineralnih sirovina u oblasti rудarstva Srbije, časopis Rudarski radovi br. 1/2002, Bor, 2002. godine

UDK: 622.81:658.68(045)=861

Velimir Šćekić, Danijela Krstić**, Ćira Sanković**, Živorad Milić**

**SNABDEVANJE REPROMATERIJALOM JAME
"OSOJNO-JUG", R.L. "LUBNICA"**

**SUPPLYING MATERIALS PIT OSOJNO
SOUTH MINES LUBNICA**

Izvod

Jednošinska viseća žičara se već duže vreme koristi kao efikasno sredstvo za dopremu repromaterijala u staroj jami rudnika "Lubnica". Pošto se eksploatacija stare jame privodi kraju, a nastavak planira u jami "Osojno-jug", sa tendencijom povećanja kapaciteta proizvodnje sa sačuvanih 50-tak hiljada na oko 160.000 tona rovnog uglja, kapacitet pomenute žičare ne može zadovoljiti potrebe rudnika. Time se nameće potreba izbora nove i savremenije opreme za dopremu repromaterijala, tehničkih karakteristika koje će omogućiti ostvarivanje projektovanog kapaciteta proizvodnje, što predstavlja i ključni zadatak ovog rada.

Ključne reči: rudarstvo, pogonska mašina, repromaterijal, transport, šina, beskonačno uže.

Abstract

Monorail is being used as an effective tool for delivery of raw materials in the old pit mines Lubnica for a long time. After it will be the end of the exploitation soon and it is planned the continuation of the exploitation in the pit "Osojno-south" with a tendency to increase production capacity with current 50 thousand to about 160 000 tons of rough coal, the above mentioned capacity of monorail can not meet the needs of the mine. This imposes the need for the selection of new and most contemporary equipment for delivery of raw materials with technical characteristics that will enable the achievement of projected production capacity, which is a key task of this paper.

Key words: mining, driving machine, raw material, transport, rail, boundless rope

UVOD

Rudnik lignita "Lubnica" posluje u savstvu Javnog preduzeća za podzemnu eksploataciju uglja, kao deo preduzeća. Osnovna delatnost Rudnika je proizvodnja i prodaja lignitsko-mrkog uglja. Rezerve uglja u otkopnom polju "Osojno-jug" predstavljaju osnovu perspektive razvoja rudnika, jer je eksploatacija stare jame privredna kraju, pa je za eksploataciju tih

rezervi izrađen i verifikovan Glavni rudarski projekat.

S obzirom na to da su razrada i osnovne pripreme u otkopnom polju "Osojno-jug" intenzivirani i da se očekuje, na osnovu geoloških rezervi, velika perspektiva u proizvodnji uglja sa tendencijom povećanja kapaciteta, neophodno je trajno rešiti sistem dopreme repromaterijala.

* Fakultet za industrijski menadžment-Kruševac
** JPPEU-Resavica

OPŠTI PODACI O RUDNIKU

Područije ugljonošnog polja "Osojno" pripada Lubničko-Zvezdanskom, tercijernom ugljonošnom basenu, povrsine oko 14 km², koji predstavlja jugozapadni deo Zaječarskog neogenog basena između Crnog Timoka na severu i Belog Timoka na istoku, a eksploataciono područije Rudnika nalazi se na prostoru između Lubničke i Planiničke reke.

Rudnik uglja "Lubnica", sa sedištem u istoimenom selu, danas eksploataciju mrko-lignitskog uglja vrši samo u ugljonošnom reviru "Osojno", dok su reviri "Novi Zvezdan" i "Hajduk Veljko" prestali sa radom 1950.god., a stari rudnik "Ivanovo - Lubnica" 1983. godine.

Osnovna delatnost Rudnika je proizvodnja lignitsko-mrkog uglja za potrebe široke potrošnje u domaćinstvima i industrijskim kotlarnicama, toplanama i termoelektranama.

Podinski horizont je prosečne debljine 40 m i počinje sivozelenim konglomeratima koji prelaze sivozelene laporovite gline i alevrite peskovitog sastava. Ovaj paket se završava peskovito-laporovitim alevritima sa proslojcima koji sadrže ugljenisani biljni detritus ili liske i sočivca uglja i svetlijе proslojke peskovitog tuforegenog sastava sa mnoštvom fragmenata fosilnih ljuštura.

Ugljonošni horizont je prosečne debljine 70-80 m i počinje prvim podinskim ugljenim slojem, a završava se II-povlatnim. Između I podinskog ugljenog sloja do II ugljenog sloja, na rastojanju 60-70 m, nalazi se paket svetlosivo-zeleñkastih laporaca sa proslojcima i sočivima laporovitog krečnjaka. Najveću ekonomsku važnost ima podinski ili I ugljeni sloj sa visokim stepenom postojanosti prostiranja u celom basenu i sa malom izmenljivošću morfoloških i kvalitativnih karakteristika. II ugljeni sloj je složene gradi sa karakterističnim raslojavanjem i razgranjavanjem, kao i sa malim stepenom

postojanosti prostiranja, sa velikim variranjem debljine i kvaliteta.

Na osnovu tehničkih i elementarnih analiza uglja iz ležišta "Lubnica", može se zaključiti da ugalj pripada ksilitskoj, humusnoj grupi, koja po stepenu karbonizacije "stoji" između pravih mrkih i mekih lignita a ukupne rezerve A+B+ C₁ kategorije iznose preko 2 miliona tona.

Gasonosnost jame je veoma mala i kreće se od 0,411 do 0,988 m³/t.č.u. ili t.s.u. računato na sve gasove (CO₂, N₂ i CH₄),

Metanoobilnost se kreće od 0,000 do 0,003 m³/t.č.u.

Analizom jamskog vazduha nije pokazano prisustvo ostalih štetnih gasova. Na osnovu labaratorijskih ispitivanja samozapaljivosti uglja i zapaljivosti aerosolne ugljene prašine utvrđeno je da su pojave CO i CO₂ moguće kao posledica oksidacionih procesa.

Voda u dosadašnjoj eksploataciji uglja u rudniku "Lubnica" nikad nije predstavljala veliki problem, tako da do sada nisu vršena posebna hidrogeološka istraživanja.

Priliv vode u jamske prostorije iznosi 0,052 m³/min i pripada I grupi prema oceni merenja RI-Beograd. Na osnovu toga, voodobilnost u rudniku je mala sa koeficijentom 0,87 lit/sek.

Prosečan stepen iskorišćenja ugljenog sloja na nivou rudnika određen je u visini od cca 73%.

TEHNIČKO REŠENJE DOPREME REPROMATERIJALA

U rudniku „Lubnica“ je izgrađena jamska viseća žičara tipa KVP-82 proizvodnje „Kakanj“-Kakanj kojom se doprema repromaterijal za potrebe stare jame čija je eksploatacija privredna kraju. Trasa žičare iznosi 1370 m. Dozvoljeni teret koji se transportuje iznosi 30 kN, kako pojedinačni tako i teret utovaren u kontejnere.

S obzirom na to da pomenuta žičara ne može zadovoljiti potrebe servisiranja nove jame, zbog veće dužine trase i većeg obima repromaterijala, bilo je neophodno tra-

jno rešenje dopreme repromaterijala gornjom šinom u jami „Osojno-jug“ rudnika "Lubnica".

OGRANIČAVAJUĆI PARAMETRI PRI IZBORU POSTROJENJA

Propisima su definisani parametri koji se moraju ispoštovati pri proračunu i izboru neophodne opreme za montažu i primeni viseće žičare:

1. Nosač (šina) od ojačanog "I" profila uključujući i sav spojni pribor (kako između nosača tako i između lukova podgradnih elemenata) moraju imati trostruku sigurnost u odnosu na najveće statičko opterećenje (sopstvena težina vučnog voza + obešeni teret).
2. Svi spojni elementi, uključujući i spojne elemente vučnog voza (distantne poluge), moraju imati osmostruku sigurnost sobzirom na najveću vučnu silu prouzrokovana najvećim obešenim teretom.
3. Vodeći valjci i nosači valjaka užeta "rolen bokovi" moraju se u krivinama (horizontalnim i vertikalnim) tako učvrstiti da rezultantna sila vučnog užeta ima trostruku sigurnost.
4. Pogonska mašina mora biti učvršćena na temeljima da veza može podneti trostruku statičku sigurnost u odnosu na nazivnu vučnu silu pogonske mašine,
5. Kočnica pogonske mašine mora imati najmanje 1,5-po struku statičku sigurnost u odnosu na nazivnu vučnu silu pogonske mašine.
6. Računsko prekidno opterećenje uporišta povratne stанице mora imati najmanje šestostruku sigurnost u odnosu na nazivnu vučnu silu pogonske mašine, a ne manje od 100 kN.

PRINCIP RADA JEDNOŠINSKE VI- SEĆE ŽIČARE

Princip rada jednošinske viseće žičare zasniva se na kružnom kretanju jednog vučnog beskonačnog užeta koje vuče obešeni teret na nosećim kolicima po obešenom ojačanom "I" profilu (šini) o strop

prostorije ili stropni deo podgrade. Beskočno čelično uže namotano je na pogonskoj mašini u tri reda (posredstvom kotura za usmeravanje užeta, preko pogonskog bubenja sa tri obodna polukružna žljeba za uže) i omogućava da preko nateznog uredjaja i povratne stанице obezbedi kružno kretanje bez proklizavanja.

Brzina kretanja obešenog tereta u jednom ili drugom smeru na žičari kreće se u granicama od 0 do 2 m/sec.

Na trasi, pored maksimalnih uspona od 15° postoji i ugao skretanja od 185° . Ukupna dužina trase iznosi 1675 m, što predstavlja i aktivnu dužinu za vožnju materijala žičarom sa gornjom šinom.

Pogonska mašina sa svojim delovima je smeštena u zidanom objektu, na platou Rudnika zaštićena od svih atmosferskih uticaja, na udaljenosti od oko 80 m od ulaza u jamu.

Postrojenje jednošinske viseće žičare poseduje dva sigurnosna kočiona mehanizma i to:

- a) Kočioni mehanizam na pogonskoj mašini - manevarska sigurnosna kočnica koja, uglavnom, služi kao manevarska kočnica i kao kočnica za statičku sigurnost.
 - b) Kočiona kolica koja se postavljaju ispred ili na oba kraja vučnog voza (obešenog tereta) u zavisnosti od konfiguracije trase i služe kao sigurnosna kočnica. Ova kočnica deluje automatski u slučaju prekoračenja maksimalno dozvoljene brzine kretanja vučnog voza. U slučaju prekoračenja maksimalno dozvoljene brzine kretanja ($3,2, \text{ m/s} \pm 0,1 \text{ m/s}$) povećava se centrifugalna sila koja preko centrifugalnog okidača aktivira opruge u kočionom cilindru i na taj način potiskuje kočione papuče koje se priljubljuju uz vertikalni zid nosača - šine tako zaustavljaju kretanje vučnog voza - tereta.
- Za vođenje vučne strane čeličnog užeta, kao i povratne strane užeta, služe nosači valjaka („rolen bokovi“) koji se postavljaju na rastojanju od 15 - 25 m (na

ravnim deonicama), kao i na svim segmentima horizontalnih krivina (na svaki segment krivine od $L=0,5$ - $1,0$ m) i $\alpha = 7,5^{\circ}$.

ELEMENTI JEDNOŠINSKE VISEĆE ŽIČARE

Postrojenje jednošinske viseće žičare sastoji se iz sledećih osnovnih uređaja i elemenata:

1. Pogonska mašina,
2. Uredaj za zatezanje užeta - zatezna stanica,
3. Povratna stanica,
4. Staza (pruga) jednošinske viseće žičare,
5. Vučno uže,
6. Noseća kolica,
7. Kočiona kolica (mačka),
8. Vučna kolica,
9. Nosač valjaka za vodjenje užeta
10. Posuda - kontejner za transport rasutog materijala.

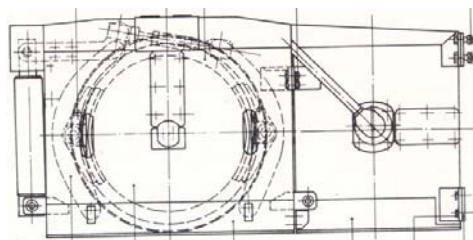
KARAKTERISTIKE POGONSKE MAŠINE

Pogonska mašina na užetni pogon je tipa H 3000 PV proizvodnje „Scharff“ sa ugrađenim zvezdastim motorom (sa klipovima koji se kreću u radijalnom pravcu), pogonskim koturom (sa tri žleba za golo čelično uže) i usmeravajućim koturovima, sl. 1. Hidraulični agregat tipa L 140 sa pogonskim elektromotorom povezanim vodovima sa hidromotorima. Na komandnom pultu su ugrađeni uređaji za kontrolu i praćenje parametara postrojenja i vožnje (pritisak pumpa, opterećenje pumpa, brzina vožnje, udaljenje vučnog voza, temperatura ulja i sl.), potom, uređaj za upravljanje manevarskom kočnicom.

Osnovne tehničke karakteristike mašine su:

Vučna sila (max)	45 kN
Brzina vožnje	0 - 2 m/sec
Sila kočenja	P _k = 90,05 kN
Prečnik pogonskog bubnja	D = 800 mm
Obuhvatni ugao užeta na pog. bubnju	$\beta = 540^{\circ}$
Koeficijent trenja	$\mu = 0,25$

Pogonska mašina je postavaljena na odgovarajućem temelju i za njega pričvršćena odgovarajućim anker-zavrtnjima, prema sl.1.



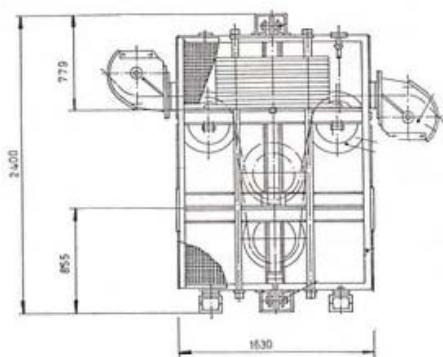
Sl. 1. Poprečni presek pogonske mašine

UREĐAJ ZA ZATEZANJE UŽETA I POV RATNA STANICA

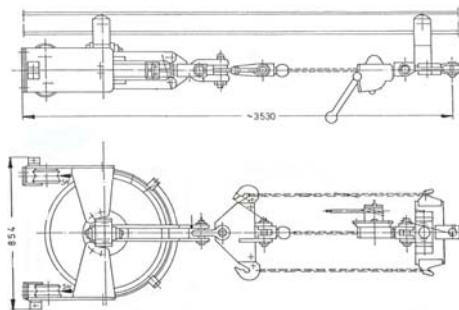
Uredaj za zatezanje vučnog užeta sastoji se iz trodelne čelične konstrukcije, a primenjuje se za održavanje vučnog užeta uvek u zategnutom stanju, sl 2.

Povratna stanica se sastoji iz više delova i postavlja na kraju viseće žičare. Služi za predzatezanje užeta posle ugradnje, kao i za promenu smera kretanja užeta. Pri zatezanju se može koristiti dinamometar koji se postavlja između povratnog kotura i stupca, sl. 3.

Povratna stanica svojom konstrukcijom omogućava jednostavno produženje ili skraćenje trase.



Sl. 2. Uredaj za zatezanje vučnog užeta



Sl. 3. Povratna stanica

TRASA VISEĆE ŽIČARE

Za viseću jednošinsku žičaru koristi se nosač od dvogubog ojačanog "I" 140 E profila od materijala St 52-3. Ovo je inače standardni profil za jednošinske viseće žičare u jamama rudnika uglja. Spojevi nosača se mogu, kako po vertikali tako i po horizontali, zaokretati pod izvesnim uglom kako bi se što bolje prilagodili uslovima prostorije.

Dozvoljeno skretanje, s obzirom na gibeljivost spojeva šina, iznosi po vertikali 7° a po horizontali 2° . Šine su u jami obešene lancima o čelučnu lučnu podgradu, sl.4

OPREMA ZA PRENOŠENJE MATERIJALA I VUČU TERETA

Na jednošinskoj visećoj žičari okačena su prenosna noseća kolica nosivosti 30 KN koja služe za prenošenje pojedinačnog ili rasutog tereta.

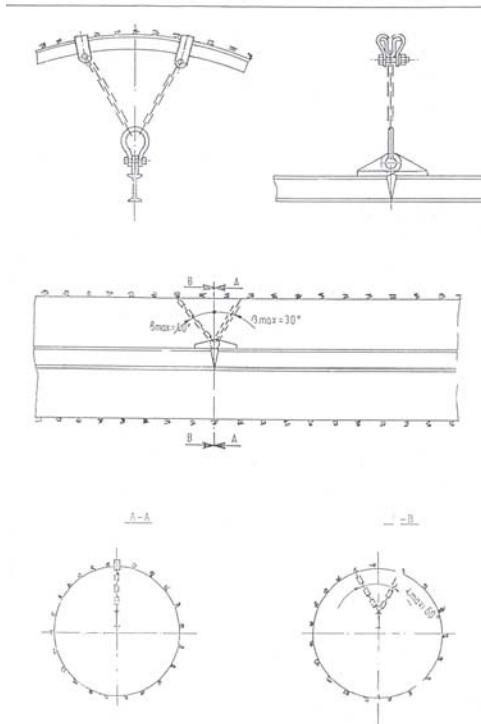
Voz žičare u standardnoj verziji ima četvoro nosećih kolica (broj nosećih kolica može biti veći ili manji) sa po jednom lančanom dizalicom odgovarajuće nosivosti. Moć nošenja dizalica je 15 i 30 KN.

Jedan vozni sklop čine: dvoja nosećih kolica, dve lančane dizalice određene nosivosti, distantna poluga određene dužine, posude za transport rasutog ili sitnog materijala sa mehanizmom za istresanje.

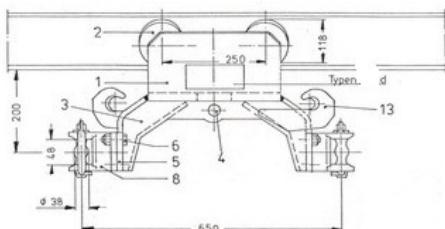
Drugi vozni sklop je po sadržaju, identičan prethodnom, samo ne poseduje posude za transport rasutog materijala sa mehanizmom za istresanje.

Kao obavezan sastavni deo vučnog voza su i kočiona kolica koja se, obično, montiraju na njegovom početku.

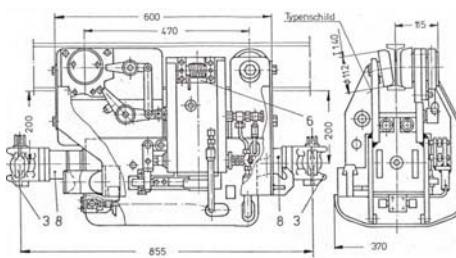
Teret se može u zavisnosti od oblika i gabarita transportovati i sa jednim kolicima prikazanim na sl.5, a izgled kočionih kolica dat je na slici 6.



Sl. 4. Način kačenja čelične šine o strop prostorije



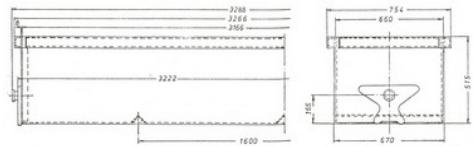
Sl. 5. Izgled nosećih kolica



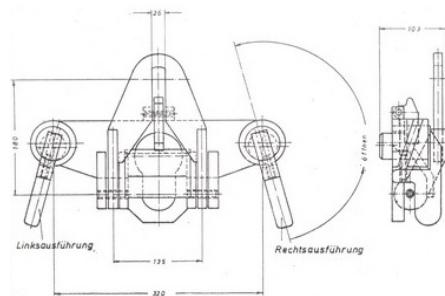
Sl. 6. Izgled kočionih kolica

Za prenošenje rasutog materijala koriste se kontejneri izrađeni od čeličnog lima debljine 10 - 12 mm, ojačani na pojedinim mestima, sandučastog oblika i zapremine oko $1,0 \text{ m}^3$, sopstvene težine oko 300 kg (dimenzije 2700 x 500 x 800 mm). Sastavni deo posude je i mehanizam za njeno iskretanje - pražnjenje. Izgled posude-kontejnera za transport rasutog tereta dat je na slici 7, a uređaja za iskretanje posude – kontejnera, na sl. 8.

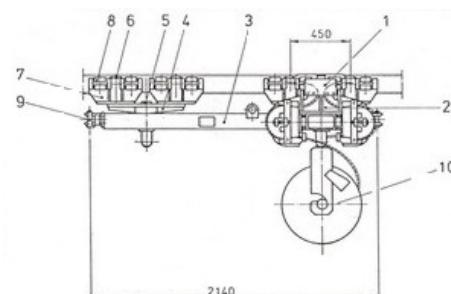
Vučna kolica služe da se na posebno konstruisanom delu spoje oba kraja užeta i ono učini beskonačnim (jedna celina) i na taj način obezbedi vožnja - vuča tereta, kretanjem beskonačnog užeta, sl. 9.



Sl. 7. Kontejner za transport rasutog materijala



Sl. 8. Uredaj za istresanje kontejnera



Sl. 9. Vučna kolica

PRINCIPI TRANSPORTA

Duž transportne staze jednošinske viseće žičare predviđena su utovarno-istovarna mesta koja mogu biti :

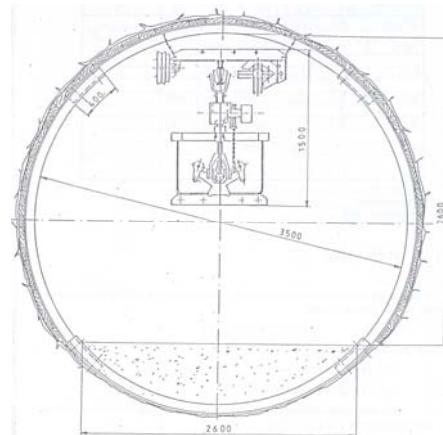
- Redovna (stalna) od kojih je jedno u neposrednoj blizini pogonske stanice žičare, a drugo u neposrednoj blizini povratne stanice. Ovo je načelno rešenje, a mogu biti i drugačije određena. Na tim mestima mora postojati odgovarajuća signalizacija, osvetljenje, dojavni uređaji, odgovarajući znaci upozorenja i uputstva. Ova mesta mo-

raju biti čista, prostrana, sa uredno složenim materijalom i drugim stvarima.

- Neredovna (privremena) utovarano-istovarna mesta koja se mogu privremeno organizovati na bilo kom delu transportne trase žičare. Takva mesta se tako moraju odrediti da se na njima može obezbediti potpuna sigurnost ljudi i opreme, kao i na stalnim-redovnim utovarno-istovarnim mestima.

Na pogonskoj stanici se nalazi pregledna situaciona karta transportne staze na kojoj su ucrtani svi tehnički detalji kao: utovarna-istovarna mesta (redovna i povremena), odgovarajući signalno-sigurnosni uređaji, krivine sa odgovarajućom metrazmom kako na krivinama tako i pravim deonicama, kao i položaj povratne stanice.

Izgled poprečnog preseka prostorije sa gornjom šinom za žišaru, kao i položaj žičare, dat je na slici 10.



Slika 10. Poprečni presek trase JVŽ

ZAKLJUČAK

Eksploatacija uglja u staroj jami rudnika Lubnica je u završnoj fazi. Nastavak eksploatacije, sa tendencijom povećanja kapaciteta proizvodnje sa sadašnjih 50.000 na 160.000 tru/god. planiran je u jami „Osojno-jug“. Koristeći se pozitivnim

iskustvom dopreme repromaterijala jednošinskom visećom žičarom u staroj jami, pristupilo se izboru adekvatne opreme za dopremu repromaterijala novije i savremenije proizvodnje i zadovoljavajućeg kapaciteta za jamu „Osojno-jug“. Izabrana je i dimenzionisana adekvatna oprema, uz uvažavanje svih zakonskih ograničenja po pitanju sigurnosti i bezbednosti na radu.

LITERATURA

- [1] Grupa autora, Tehnička enciklopedija tom 6, Zagreb 1979 god.
- [2] Pavlović V. Transport i izvoz u rudnicima, Naučna knjiga Beograd, 1963. god.
- [3] Milanović R. Transport u rudarstvu, Bor, 1988. god.
- [4] Prospekti proizvođača opreme JVŽ za transport materijala.
- [5] Tehnička dokumentacija rudnika
- [6] Lj. Savić, B. Nedeljković: Potrošnja monoblok-dleta u zavisnosti od fizičko-mehaničkih karakteristika stenske mase, Časopis Rudarski radovi br. 1, 2004. god.

UDK: 622.271:66.061(045)=861

Ljubiša Obradović, Mile Bugarin*, Zoran Stevanović*,
Radojka Jonović*, Ljiljana Avramović**

ISPITIVANJE PROCESA LUŽENJA RASKRIVKE POVRŠINSKOG KOPA CEROVO

INVESTIGATION OF LEACHING PROCESS OF CEROVO OPEN PIT'S OVERBURDEN

Izvod

Ovaj rad predstavlja deo rezultata koji se odnose na iznalaženje odgovarajućih metoda za integrirani tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke na lokaciji zatvorenog rudnika "Cerovo-Cementacija", Bor, a u cilju valorizacije bakra i sprečavanja daljeg zagađenja životne sredine nastalog nekontrolisanim luženjem raskrivke rudnika "Cerovo". Proces agitacionog luženja kopovske raskrivke otpadnom vodom iz akumulacije zatvorenog kopa "Cerovo" izveden je u laboratorijskim uslovima. Na osnovu rezultata izluženja bakra definisana je optimalna pH vrednost rastvora za luženje u kolonama u opsegu 1.5-2.0. Dalji proces luženja nastavljen je u kolonama sa lužnim ratvorom pH vrednosti 1.5. Nakon 5 dana neprekidnog luženja u koloni dobijen je lužni rastvor sa koncentracijom bakra koja omogućava njegov dalji tretman procesom solventne ekstrakcije i elektrolize.

Ključne reči: kopovska raskrivka, luženje, bakar, otpadna voda

Abstract

This paper presents a part of results concerning the investigation of an adequate method for integrated treatment of wastewaters and overburden on old Cerovo open pit. The aim is valorisation of copper metal as well as preventive the environment by generated acid mine drainage. The agitation leaching of overburden was done with wastewaters accumulated in Cerovo old open pit in laboratory condition. On base of leaching results was defining the optimal pH of leaching solution in range of 1.5 to 2.0. Further leaching process was continued in columns, by leaching solution with pH 1.5, as one optimal value. After five days of continual leaching in columns, obtained leaching solution had copper content which make possible process SX-EW.

Key words: overburden, leaching, copper, wastewater

UVOD

U procesu proizvodnje bakra u pogonima RTB Bor, nastaju velike količine čvrstog, tečnog i gasovitog otpada. Ovi otpadi u dire

ktnom kontaktu sa životnom okolinom predstavljaju izuzetno veliki ekološki problem kako na lokalnom tako i na širem geo-

* Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

** Rad je proizišao iz Projekta broj 21008 koji je finansiran sredstvima Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

grafском подручју. Pozнато је да рударство као грана индустрије, користи своје чврсте отпадне материјале или за додатнуvalorизацију присутних корисних компоненти или у грађевинске сврхе (за изградњу брана, камionsких путева, запunjавање јамских радова) (1).

Ograničavajući faktor za korišćenje ovih материјала је склоност ка излуživanju tešких метала што доводи до контаминације околног земљишта и водотокова (2). Rudnik „Cerovo-Cementacija“ као део целине RTB Bor, био је у експлоатацији од 1994. до 2002. У активном периоду укупна количина ископина износила је 44.715.139 t, од чега rude 19.936.633 t са садржајем Cu изнад 0,2 %, а одлоžене коповске рaskrivke 24.778.506 t. Садржај бакра у коповској raskrивци био је мањи од 0,2 %. Експлоатациони процес изменio је карактер површинских и подземних вода, као и геоморфолошке и хидрогеолошке особине сливног подручја рудника „Cerovo“ (2).

Pojava teških metala u vodi sa ovog подручја је последица узјамног хемијског dejstva minerala присутних u одлоženoj коповској raskrивci, воде i vazduha. Tokom

процеса експлоатације, воде nastale по ободу копа i одлоžene raskrivke користиле су se kao povratne u procesu pripreme rude. Sa prestankom експлоатације bakronosne rude na površinkom kopu „Cerovo“, ove воде više nisu mogле da se koriste, ali su se i dalje akumulirale. Trenutna procena je da je na подручју zatvorenog površinskog kopa „Cerovo“, slika br. 1, akumulirano od 30.000 do 40.000 m³ otpadne воде pH vrednosti izmedju 3 i 4, sa sadržajem bakra od max 1 g/dm³. U saglasnosti sa Zakonom o vodama Republike Srbije ova pH vrednost je suviše niska za ispuštanje ovih вода u lokalne vodotokove. Такође, садржај teških metala je viši od zakonom predviđenih vrednosti.

U cilju iznalaženja uslova za tretiranje obe vrste загадивача присутних на локацији zatvorenog površinskog kopa „Cerovo-Cementacija“, урађена је серија експеримената луženja коповске raskrивке otpadном водом iz akumulacije.

Na osnovу резултата серије експеримената agitacionog лuženja i lуženja u kolonama (2) definisani su odgovarajući uslovi za добијање rastvora за dalji tretman SX/EW postupkom.



Sl. 1. Akumulacija otpadne воде на локацији zatvorenog površinskog kopa „Cerovo“

Eksperimenti su izvedeni na opremi laboratorijskog tipa, a tokom eksperimenata mereni su i kontrolisani parametri luženja (pH vrednost, vreme, brzina mešanja). Rezultati su prikazani i diskutovani u ovom radu.

EKSPERIMENTALNI RAD

1. Karakterizacija polaznih sirovina

U tab. br. 1 data je karakterizacija vode sa površinskog kopa „Cerovo“ (3), koja je korišćena za proces agitacionog i luženja u kolonama. U tabeli br. 2 dat je hemijski sastav jalovine koja je tretirana lužnim rastvorom.

Tabela 1. Hem. sastav, voda kop
„Cerovo“

Elementi	jedin.	sadržaj	Klasa III/IV
Boja	/	crvena	bez
Miris	/	bez	bez
Plivajuće mat.	/	bez	bez
pH	/	3.3	6-9
Fe	mg/dm ³	46	1
Cu	mg/ dm ³	190	0.1
Ni	mg/ dm ³	0.4	0.1
As	mg/ dm ³	<0.1	0.05
Zn	mg/ dm ³	32	1
Se	mg/ dm ³	<0.05	0.1
Al	mg/ dm ³	190	-
Cd	mg/ dm ³	0.38	0.01
Mn	mg/ dm ³	41	0.05

Hemijske analize čvrstog i tečnog uzorka radene su primenom standardnih i instrumentalnih metoda.

Tabela 2. Hemijski sastav jalovine korišćenje za luženje

Elementi	Sadržaj, %	Metoda
Cu uk	0.21	AAS
Cu-ox	0.136	PO
Fe ²⁺	1.68	R
Fe ³⁺	3.87	AAS
Mg	1.53	AAS
Ca	2.02	AAS
SiO ₂	62.98	G
Zn	0.009	AAS
As	<0.0030	ICP-AES
Mn	0.027	AAS
Cd	ø	AAS
Al	9.44	R
Na	2.06	AAS
SO ₄ ²⁻	2.60	G
Al ₂ O ₃	17.07	AAS
g/t Ag	0.5	FA
g/t Au	<0.02	FA

2. Agitaciono luženje

Eksperimenti agitacionog luženja izvedeni su na opremi laboratorijskog tipa pri sledećim uslovima:

- Masa čvrstog uzorka: 250 g
- Granulo-sastav: 80% -0,074mm;
- Odnos čvrsto-tečno od 1:4
- pH rastvora za luženje (voda sa pov. kopa na Cerovu) na startu: 3,30
- pH rastvora za luženje: 1,5 i 2,0 (korekcija pH vrednosti rađena je sa sumpornom kiselinom),
- Vreme luženja: 180 min;
- Laboratorijska oprema:
- reaktor zapremine 5000 ml,
- pH metar,
- mehanička mešalica.

Eksperimenti agitacionog luženja sa pH vrednostima lužnog rastvora od 1,5 i 2,0, rađeni su na sobnoj temperaturi. Tokom eksperimenta luženja kontrolisane su pH vrednosti lužnog rastvora i korigovane sumpornom kiselinom na zadate pH vrednosti (1,5 i 2,0). Uzorci za hemijsku analizu uzimani su nakon određenih vremenskih intervala (30, 60, 90, 120 i 180 min).

3. Luženje u kolonama

Eksperimenti luženja izvedeni su na opremi laboratorijskog tipa pri sledećim uslovima:

- masa čvrstog uzorka: 8,3 kg
- granulo-sastav: 98% -15mm;

- pH rastvora za luženje: 1,5 (korekcija pH vrednosti ukupnog rastvora rade na 24, 48, 72, 88 h, sa sumpornom kiselinom),
- početna količina rastvora $V=15$ l, protok $20 \text{ l/m}^2/\text{h}$,
- ukupno vreme luženje jednog ciklusa u manjoj (većoj koloni): 120+120 h;

Laboratorijska oprema:

- kolone od pleksiglasa dimenzija: $DxL=90x900 \text{ mm}$, $DxL=150x900 \text{ mm}$,
- pH metar, plastični balon 5 l,
- stakleni balon od 5 l sa ventilom za regulaciju protoka,
- -plastični sud od 15 l za mešanje i regulaciju pH vrednosti,



Sl. 2. Kolone za luženje

REZULTATI

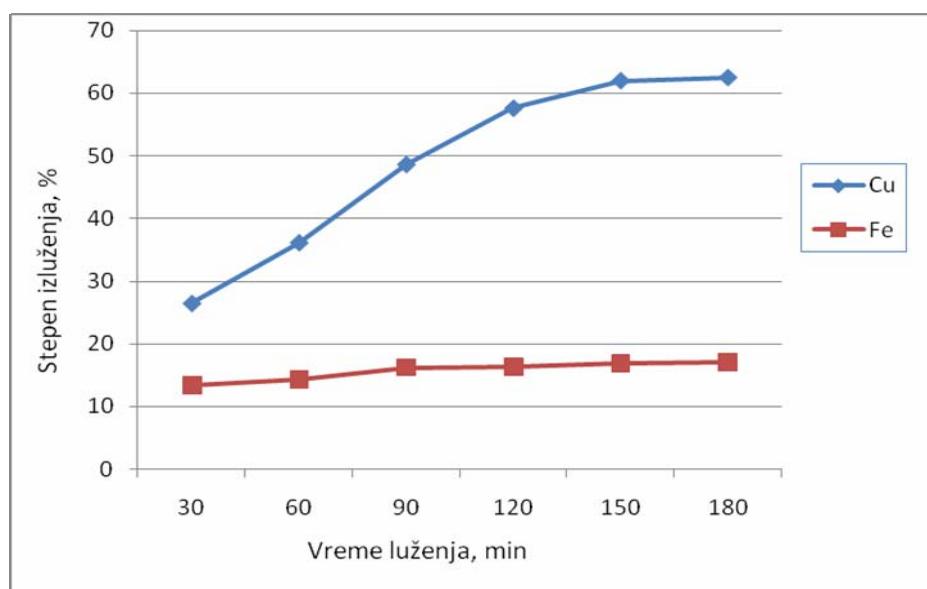
1. Agitaciono luženje

Eksperimentalni rezultati agitacionog

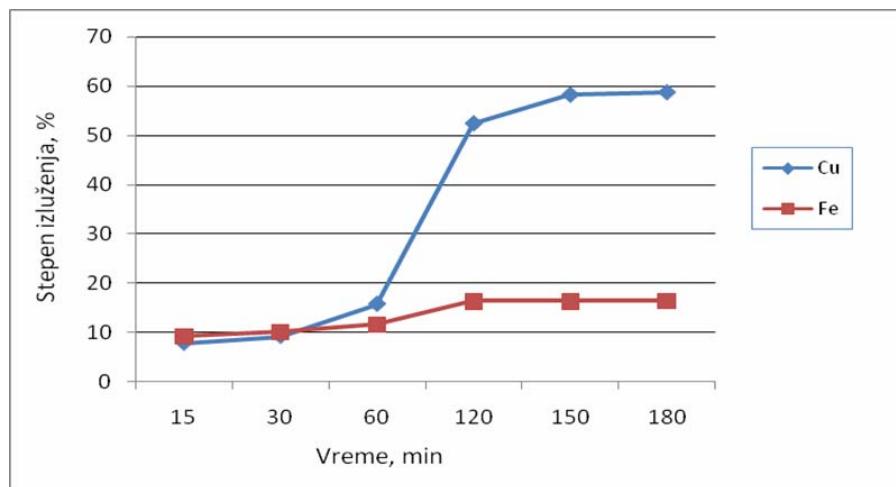
luženja prikazani su u tabeli 3 i na slikama 3 i 4.

Tab. 3. Koncentracije i stepen izluženja Cu i Fe u zavisnosti od vremena luženja za različite pH vrednosti lužnog rastvora

Vreme luženja	Koncentracija Cu, g/dm ³	Koncentracija Fe, g/dm ³	Stepen izluženja Cu, %	Stepen izluženja Fe, %
pH = 1,5				
30	0.19	1.86	26.40	13.36
60	0.27	2.07	36.11	14.37
90	0.37	2.38	48.61	16.23
120	0.45	2.48	57.60	16.38
150	0.50	2.61	62.00	16.92
180	0.51	2.64	62.50	17.1
pH = 2,0				
15	0.057	1.29	7.90	9.30
30	0.069	1.45	9.30	10.12
60	0.12	1.71	15.80	11.64
120	0.41	2.48	52.40	16.38
150	0.46	2.53	58.20	16.40
180	0.47	2.54	58.70	16.42



Sl. 3. Stepen izluženja Cu i Fe u zavisnosti od vremena luženja, pH – 1,5



Sl. 4. Stepen izluženja Cu i Fe u zavisnosti od vremena luženja, pH – 2.0

Proces luženja je prekinut nakon 180 min pri postizanju ustaljenih vrednosti stepena izluženja Cu i Fe koje su iznosile $\approx 60\%$ za Cu i $\approx 17\%$ za Fe. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da su dobijeni slični rezultati stepena izluženja Cu i Fe za vrednosti pH 1.5 i 2.0.

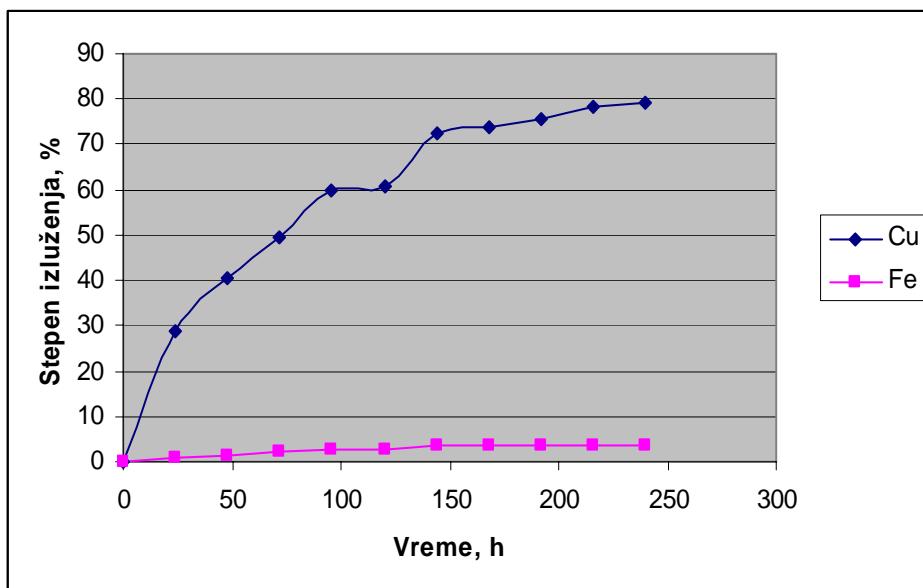
ženja Cu i Fe za vrednosti pH 1.5 i 2.0.

2. Luženje u koloni

Rezultati luženja u kolonama prikazani su u tabeli 4. Na slici 5 dati su stepeni izluženja Cu i Fe u zavisnosti od vremena luženja, za pH 1,5.

Tab. 4. Koncentracije i stepen izluženja Cu i Fe u zavisnosti od vremena

Vreme luženja, h	Koncentracija Cu, g/dm ³	Koncentracija Fe, g/dm ³	Stepen izluženja Cu, %	Stepen izluženja Fe, %
pH = 1,5				
0	0,19	0,046	0,0	0,0
24	0,39	0,27	28,85	0,87
48	0,55	0,46	40,68	1,49
72	0,72	0,67	49,56	2,17
96	0,81	0,86	59,91	2,78
120	0,82	0,89	60,65	2,88
Pauza 120h				
0	0,82	0,89	60,65	2,88
24	0,98	1,044	72,48	3,79
48	1,00	1,045	73,96	3,39
72	1,02	1,144	75,44	3,70
96	1,06	1,154	78,40	3,73
120	1,07	1,155	79,14	3,74



Sl. 5. Stepen izluženja Cu i Fe u zavisnosti od vremena luženja

Nakon 120 sati neprekidnog luženja u koloni dobijen je stepen izluženja bakra od preko 60 %. Posle pauze od 120 sati i delimične oksidacije materijala u koloni uz prisustvo kiseonika iz vazduha pristupilo se ponovnom luženju sa istim lužnim rastvorom. U toku narednog kontinualnog luženja u trajanju od 120 sati, pod identičnim uslovima, povećan je stepen izluženja na bakru sa 60 % na preko 79 %. Treba napomenuti da je kod izračunavanja stepena izluženja bakra i gvožđa uzeta u obzir i njihova početna koncentracija u otpadnoj vodi sa kopa Cerovo, koja je korišćena nakon snižavanja pH vrednosti kao lužni rastvor.

ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata procesa agitacionog luženja kopovske raskrivke otpadnom vodom iz akumulacije zatvorenog kopa „Cerovo“, može se konstatovati da pH vrednost u opsegu pH 1-2 nema bitnijeg uticaja na

stepen izluženja Cu i Fe, kao i da je sirovina pogodna za luženje na terenu.

Na osnovu dobijenih rezultata za proces dvostepenog luženja kopovske raskrivke, otpadnom vodom iz akumulacije zatvorenog kopa Cerovo, u kolonama može se konstatovati da je postignut stepen izluženja bakra od 79 %, što se smatra odličnim rezultatom, imajući u vidu da nijedan dodatni oksidans nije korišćen.

Treba, takođe, napomenuti da ukupan stepen izluženja gvožđa ne prelazi 4 % što je pogodno za dalji tretman rastvora procesom SX-EW.

Uvažavajući sve navedeno, ponuđena tehnologija za hidro-metaluršku valorizaciju bakra sa oksidnih odlagališta na „Cerovu“ daje dobre tehnološke rezultate sa stanovišta vremena luženja, stepena izluženja bakra i gvožđa, kao i koncentracije bakra i gvožđa u lužnom rastvoru, nakon procesa luženja.

LITERATURA

- [1] Technical resource document, vol.4, Copper 1, August 1994, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste, Special Waste Branch
- [2] Integrated Treatment of Industrial Wastes towards Prevention of Regional Resources Contamination - INTREAT, 2005.
- [3] Obradović Lj., Stevanović Z., Bugarin M., 2008 - Characterization of the acid mine drainage from Cerovo open pit and its overburden, XXI International Serbian symposium on mineral processing, 4-6 November Bor, Serbia, (p. 256-261).
- [4] V. Cvetkovski, V. Conić, M. Cvetkovske: Hemski postupak luženja bakar-sulfidnog mulja, Časopis Bakar br. 1, 2008. god.
- [5] V. Ljubojev, M. Bugarin, S. Krstić: Geološka istraživanja u kompleksu „Cerovo-Cementacija“, Časopis Bakar br. 2, 2007. god.

UDK: 628.511:62.004.8(045)=861

*Dragoljub Urošević**, *Dragan Đuranović***, *Zoran Popović****

PRILOG OPTIMIZACIJI EKSPLOATACIJE ASPIRACIONIH SISTEMA ZA OTPRAŠIVANJE U POGONIMA ZA PRERADU GRAĐEVINSKOG OTPADA

CONTRIBUTION TO OPTIMAL PROCEDURE OF EXPLOITATION OF ASPIRATION SYSTEMS FOR DEDUSTING IN OBJECTS FOR REFINEMENT OF BUILDING WASTE

Izvod

Postupak optimizacije eksploracije aspiracionih sistema za otprašivanje se može sprovesti i preko proračuna: ekonomski optimalnih brzina kretanja vazduha, prečnika cevovoda i padova pritisaka u sistemu, koja uzimaju u obzir ukupne godišnje troškove eksploracije i amortizaciju. Tehničko-ekonomske analize rada sistema za otprašivanje najčešće pokazuju neadekvatnu potrošnju materijala i elektroenergije. Za pravilno funkcionisanje pneumotransporta, bitno je: održavanje konstantne količine vazduha i čvrstih čestica u sistemu cevovoda, predvideti za izgradnju tog cevovoda tačno određene količine materijala i, radi funkcionisanja sistema i filtera trošiti optimalnu količinu električne energije za pokretanje ventilatora. Ovaj način u radu se opisuje kao matematički model.

Ključne reči: aspiracioni sistem, otpašivanje, matematički model

Abstract

Optimization procedure of exploitation of aspiration systems for dedusting can implement through the calculations: the economic optimum rate of air movement, diameter of pipelines and decreasing of pressures in the system, which considered into account the total annual costs of exploitation and amortization. Technical-economic analysis of systems for dedusting usually shows inadequate consumption of materials and power. For the proper functioning of air-transport, it is important: maintaining constant amounts of air and solid particles in the pipeline system, provided for the construction of the pipeline accurately determined quantities of material, and for the functioning of the system and filters spending of optimal amount of electrical energy to run the fan. This optimization is described in paper as mathematical model.

Key words: building waste, aspiration system, dedusting, optimisation of energy and materials.

* Institut za ispitivanje materijala ad, Beograd

** Saobraćajni fakultet Dobojski, Republika Srpska

*** Institut za hemiju, tehnologiju i metalurgiju, Beograd

UVOD

Često se pri proračunu aspiracionih sistema, brzine kretanja vazduha kroz ogranke i prečnici ogranačaka usvajaju bez tehničko-ekonomske analize, što se najčešće manifestuje kroz neadekvatnu potrošnju materijala i elektroenergije. Razlog je sledeći: za pneumotransport konstantne količine vazduha i čvrstih čestica cevovodom, potrebne su za izgradnju tog cevovoda određene količine materijala, a za funkcionisanje sistema i filtera, električna energija za pokretanje ventilatora. Ukoliko se smanjenjem prečnika želi da uštedi na materijalu, mora se računati sa povećanim troškovima za energiju transporta i obratno. Usklađivanje ove dve zavisnosti je osnovni zadatak tehnico-ekonomske analize, odnosno optimizacije, kako u projektovanju, tako i u eksploataciji aspiracionih sistema.

REFERENTNI SISTEM

Suština postupka optimizacije može se definisati: (1) minimizacijom godišnjih troškova održavanja i eksploracije, (2) analitičkim (ili grafičkim) proračunom ekonomskih brzina kretanja vazduha kroz sistem cevovoda, (3) prečnikom cevovoda tj. utvrđivanjem optimalnih prečnika svih ogranačaka sistema cevovoda i (4) smanjivanjem pritiska u ograncima aspiracionog sistema i dr.

Ovom prilikom se ukazuje na kompleksnu mogućnost optimizacije, preko „proračuna ekonomski optimalnih brzina kretanja vazduha, prečnika cevovoda i padova pritiska u sistemu“, koja uzima u obzir i ukupne godišnje troškove eksploracije i amortizaciju.

METODOLOGIJA

Navedena metoda optimizacije aspiracionih sistema za otprašivanje daje se u nastavku kao matematički model. Osnovni elementi ove metodologije su sledeći:

- Godišnji troškovi potrošnje elektroenergije:

$$T = \frac{QHx \cdot y}{102\eta}, (\text{din}) \quad (1)$$

gde su:

Q – količina vazduha, m^3/sec , H – ukupni gubitak pritiska u sistemu, kg/m^2
η - koeficijent korisnog dejstva postrojenja, x – cena KWh električne energije, din
y – ukupan broj časova rada u 1 godini, čas

- Godišnji troškovi održavanja cevovoda

- Okruglog preseka

$$A = \pi d \ell P \frac{R}{100}, (\text{din}) \quad (2)$$

- Pravougljog preseka

$$B = 2(a+b) \ell P \frac{R}{100}, (\text{din}) \quad (3)$$

gde su:

P – cena $1 m^2$ lima za cevi, uzimajući u obzir i specifičnu masu materijala od koga su izrađene cevi, din.,
R – otpis zbog remonta i amortizacije, din.

- Ukupni godišnji troškovi eksploracije (u slučaju da aspiracioni sistem ima cevovode okruglog i pravougaonog preseka):

$$S = T + A + B, (\text{din}) \quad (4)$$

- U daljem razmatranju se usvaja da su troškovi za ventilator, filter i elektroprovodnike konstantne veličine, a godišnji troškovi električne energije i održavanje cevovoda promenljive veličine. Na osnovu navedenog, a u zavisnosti od proizvodne funkcije $\varepsilon = f(v, d, H)$ određuju se ekonomske vrednosti za: a) brzinu vazduha u cevovodu, b) prečnik

cevovoda, i c) gubitak pritiska po 1 m dužine cevovoda.

5. Optimalna (ekonomična) brzina može da se izračuna iz jednačine (4) rešavanjem po V_{ek} i izjednačavanjem sa nulom, odnosno:

$$V_{ek} = 6,9 \left(\frac{PR}{100} \cdot \eta \right)^{\frac{1}{3}} \cdot G^{\frac{1}{3}}, \text{(m / sek)} \quad \dots \dots \dots (5)$$

gde je:

G – protok vazduha, kg/h, odnosno
 $G=Q\gamma$

Iz jednačine (5) sledi da se Vek u cevovodu povećava sa povećanjem G, P, η i sa smanjenjem godišnjih eksploracionih troškova (x i y). Imajući u vidu da veličine P, R, x, y, η za sve ogranke imaju iste vrednosti, mogu se izraziti i kao koeficijent C, pa je:

$$V_{ek} = 6,9C^{\frac{1}{3}} \cdot G^{\frac{1}{3}}, (=) \text{m / sek} \quad \dots \dots \dots (6)$$

Ako se uzmu u obzir i padovi pritisaka zbog lokalnih otpora, onda je:

$$V_{ek} = 15,7 \left(\frac{PR}{xy} \eta \right)^{0,4} \left(\frac{l}{3} \right)^{0,4} \cdot G^{-0,2},$$

$$(m / sek) \quad \dots \dots \dots (7)$$

6. Ekonomski prečnik cevovoda, dek, ne uzimajući u obzir lokalne otpore, može se izračunati, takođe iz jednačine (4), rešavanjem po dek, odnosno:

$$d_{ek} = 6,63 \left(\frac{xy}{PR\eta} \right)^{0,167} \cdot G^{0,484}, (\text{mm}) \quad \dots \dots \dots (8)$$

ili

$$d_{ek} = 6,63 \frac{G^{0,484}}{\beta^{0,167}}, (\text{mm}) \quad \dots \dots \dots (9)$$

7. Rešavanjem jednačine (4) po gubitku pritiska u cevovodu na dužini od 1m i izjednačavanjem sa nulom, dobija se relacija za određivanje optimalnog gubitka pritiska:

$$H_{ek} = 17,6 \frac{\beta^{0,833}}{G^{0,516}}, (\text{kg / m}^2) \quad \dots \dots \dots (10)$$

ZAKLJUČAK

Rad je nastao kao rezultat istraživačkog procesa u okviru projekta „Istraživaje, razvoj i primena metoda i postupaka ispitivanja, kontrolisanja i sertifikacije nemetaličnih građevinskih proizvoda, otpadnih materijala i upravljanje rizikom u skladu sa međunarodnim standardima“ ev.br. 19017. koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnologiju Srbije.

Problematika se odnosi na usaglašavanje sistema upravljanja kvalitetom životne sredine i deo je problematike bezbednosti na radu i zaštite zdravlja zaposlenih u pogonima za preradu građevinskog otpada.

Relacije (6), (9) i (10) pokazuju da V_{ek} , d_{ek} i H_{ek} zavise od količine vazduha i kriterijuma β koji predstavlja odnos godišnjih troškova održavanja 1m1 cevovoda prema godišnjim troškovima za električnu energiju po 1KWh rada. Pri povećanju β povećavaju se Vek i Hek dok se dek smanjuje.

Proračun po relacijama (6), (9) i (10) nije komplikovan pošto je poznata količina vazduha, a kriterijum β za odgovarajući sistem može se uvek izračunavati znajući parametre P, R, x, y, η .

LITERATURA

- [1] K. J. Rudenko i A.B. Koljčikov: "Obesplivanie i pileulavlivanie pri obrabotke paleznih iskopaemih", "Nedra" – Moskva, 1971.
- [2] B. N. Lobaev: "Rasčet vazduhoprovodov", Gostroizdat, USSR, 1959.
- [3] D. Urošević, D. Đuranović: Značaj i procena vrednosti poslovnih poduhvata u rudarstvu Srbije, Časopis Rudarski rudovi br. 1; 2007. god.

UDK: 622.271:622.343(045)=861

Zoran Stevanović*, Mile Bugarin*, Ljiljana Avramović*,
Radojka Jonović*, Ljubiša Obradović*

**PRELIMINARNA TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA
REVALORIZACIJE BAKRA IZ JALOVINE POVRŠINSKOG KOPA
„CEROVO-CEMENTACIJA 1“*****

**PRELIMINARY TECHNO-ECONOMIC ANALYZE OF
COPPER REVALORIZATION FROM OPEN PIT
„CEROVO-CEMENTACIJA 1“ TAILING**

Izvod

U radu je dat prikaz otpadnih materijala koji nastaju tokom rudarskih aktivnosti i nakon čega se odlažu kao ekonomski neisplativi za dalji tretman. Tokom pomenutih faza procesa dobijaju se ogromne količine otpadnih materijala i to prvenstveno jalovine površinskih kopova i flotacijske jalovine. Procenjuje se da je tokom sto godina rudarenja u Boru i bližoj okolini odloženo preko 450 Mt [1] jalovine sa površinskih kopova i preko 200 Mt flotacijske jalovine. Takođe, data je i preliminarna tehno-ekonomска analiza revalorizacije bakra iz jalovine sa površinskog kopa „Cerovo – Cementacija 1“.

Ključne reči: Cerovo, površinski kop, jalovina, revalorizacija, bakar.

Abstract

This work presents a review of waste materials, originated from the mining activities upon what they are disposed as economically unpayable for further treatment. During the mentioned stages, large quantities of waste materials are obtained primarily as the open pit waste and flotation tailings. It is estimated that during a hundred years of mining in Bor and near vicinity, over 450 Mt [1] waste was dumped from the open pits and over 200 Mt of flotation tailings. Moreover, the preliminary techno-economical analysis of copper revaluation from waste of the Open Pit “Cerovo – Cementacija 1“ was given.

Key words: Cerovo, open pit, tailing, revalorization, copper.

UVOD

Politika Evropske unije u odnosu na zaštitu okoline i prirodnih izvora dobija od kraja prošlog veka sve veće značenje. Razlog tome leži u činjenici što se degradiranje

životne okoline, razvojem industrije, otrglo kontroli i počelo da dobija globalne razmere. Tako, ideje o zaštiti životne okoline i održivim tehnologijama sve više postaju prioritete i kod nas, što imajući u vidu karakter industrije

* Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

** Rad je proizašao iz projekta broj 21008 koji je finansiran sredstvima Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

Borskog regiona, ima ogroman regionalni, ali i znatno širi značaj.

S obzirom na to da su tokom stotinak godina rudarenja u Boru i bližoj okolini formirana odlagališta sa ogromnim količinama otpadnih materijala (jalovina površinskih kopova i flotacijska jalovišta), kao i na to da ovi materijali imaju negativan uticaj na regionalnu i širu okolinu, jasno se nameće pitanje koji su mogući pravci za rešavanje ovih problema.

Razvojem savremenih tehnologija u mogućnosti smo da danas neke od odloženih otpadnih materijala tretiramo ekonomski isplativo, a, sa druge strane, sve više se razmatraju mogućnosti primene dela otpadnih materijala iz rudarstva u drugim granama privrede itd. Generalno se može reći da se, prema današnjim tehnološkim saznanjima, može **reciklirati** deo otpadnih materijala iz rudarskih aktivnosti. Time se postiže dvojaka korist: reduciranje negativnog ekološkog uticaja otpadnih materijala i ostvarivanje pozitivnih ekonomskih rezultata putem revalorizacije dela korisnih komponenti sadržanih u njima.

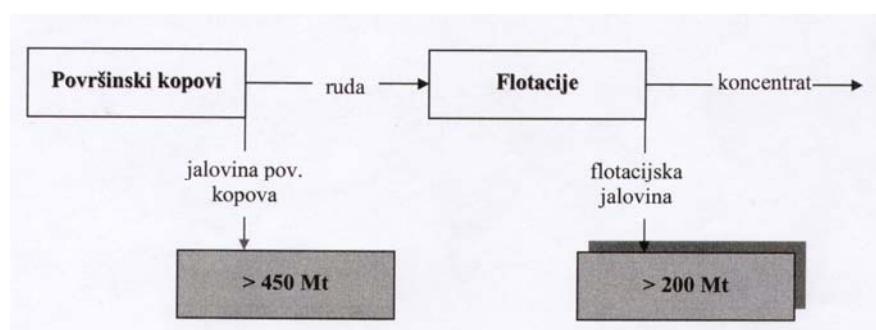
Treba istaći i to da, pored ovakvog tremana ranije deponovanih otpadnih materijala, ništa manje nije važan ni razvoj tehnologija za tretiranje ovih materijala iz tekuće proizvodnje, čime će se rudarske akti-

vnosti na ovim prostorima uvesti u kategoriju **održivih procesa**.

POREKLO OTPADNIH MATERIJALA

Pod pojmom **otpadni materijal** podrazumeva se ostatak sirovine koji se odbacuje iz daljeg procesa prerade i deponuje na za to predviđenoj lokaciji, bez ekonomske valORIZACIJE. Za razliku od prethodnog, pojam procesni ostatak predstavlja deo sirovine koja ostaje, ali se ne odlaže na deponiji, već se podvrgava reprocesiranju u cilju dodatne revalorizacije osnovne ili neke druge korisne komponente. U pojedinim zapadnim zemljama postoje i zakonske regulative [2] koje definišu razliku između ovih pojmova. Iz toga proizilazi i jedan od ciljeva reciklaže - svesti procenat otpadnih materijala na što manju moguću meru, a reprocesirati (reciklirati) što veći procenat procesnog ostatka.

Za sto godina rudarenja u Boru formirana su odlagališta sa ogromnim količinama otpadnih materijala iz faza otkopavanja rude sa površinskih kopova i flotacijske koncentracije, što je prikazano na slici 1.



Sl. 1. Orientacione količine deponovanih otpadnih materijala u Boru i bližoj okolini

Na osnovu izveštaja iz novembra 2001. godine, koji je izradio Biro za operativnu geologiju RBB-a, u tabeli 1. date su orientacione količine deponovanog otpadnog

materijala u okolini Bora, kao i geološka prepostavka o sadržajima bakra u pojedinih delovima odlagašta.

Tabela 1. Količine otpadnih materijala sa procenjenim prosečnim sadržajima bakra - RBB

	Jalovina površinskih kopova						Flotacijska jalovina		
	Visoki planir	Severni planir	Planir RTH	Unutr. odlagal.	Planir V.K.	Planir Cerovo	Staro fl.jalovište	Jalovište RTH	Jalovište V.Krivelj
Q (Mt)	150	20	60	28	170	22	27	50	130
Cu (%)	0,15	>0,3	< 0,1	0,2	< 0,1	0,20	0,2	< 0,2	0,15
Cu (t)	225.000	60.000	60.000	56.000	170.000	44.000	54.000	100.000	200.000

KARAKTERISTIKE OTPADNIH MATERIJALA

Po podacima iz tabele 1. vidi se da je u okolini Bora deponovan otpadni materijal koji sadrži preko 950.000 t bakra. Poredenja radi, treba reći da je to otprilike treći deo od ukupno proizvedenog bakra u rudi [3] iz domaćih sirovina tokom rada Borskog rudnika od otvaranja do danas.

I pored ovako velikih količina sadržanog bakra u otpadnom materijalu nemoguće je reprocesirati znatan deo ovih sirovina, čak i primenom najsavremenijih tehnologija, i valorizovati ekonomski isplativo sadržani bakar. Zbog toga razloga reciklažu ne treba zasnivati samo na ponovnoj revalorizaciji bakra, već odložene otpadne materijale sa niskim sadržajima metala treba posmatrati kao potencijalnu sirovinu za korišćenje u drugim industrijskim granama. Stoga će se u daljem tekstu dati kratki generalizovani opis karakteristika otpadnih materijala iz rudarskih aktivnosti.

Jalovina površinskih kopova

Eksplotacijom mineralnih sirovina metodom površinskog otkopavanja stvaraju se ogromne količine otpadnog materijala (raskrivka, „partije“ niskih sadržaja, „partije“ oksidne rude itd.). Ovi materijali su, uglavnom, kompoziti grube stenske, eventualno izdrobljene i blokovske mase

sa velikim opsegom granulacije, od veoma velikih delova stena do sitnozrnih čestica i prašine koji sadrže malo ili uopšte nemaju praktičnu mineralnu vrednost. Uopšteno, ovi materijali se, u Timočkom eruptivnom regionu, sastoje od magmatskih stena (andezit, dacit, piroklastiti itd) i sedimentnih stena (krečnjak, peščari i dr.).

Flotacijska jalovina

Flotacijska jalovina se sastoji od izuzetno usitnjenoj materijala koji je prošao sve faze usitnjavanja i klasiranja kroz pogon flotacije. Obično je vrlo uniformnog granulosastava koji se, u zavisnosti od tehnoloških zahteva procesa, kreće od 50-90% -0,074 mm. Jalovina procesa flotacijske koncentracije deponuje se na flotacijskim jalovištima gde se sedimentacijom vrši delimično razdvajanje faza. U zavisnosti od perioda u kojem je jalovina odlagana, kao i mineralizacije ležišta iz koga je nastala može imati manju ili veću mineralnu vrednost.

MOGUĆE OPCIJE UPRAVLJANJA OTPADNIM MATERIJALIMA

Rudarstvo kao grana industrije tradicionalno koristi svoje otpadne materijale, bilo reprocesiranjem u cilju dodatne reva-

lorizacije korisnih komponenti, (kada se stvore tržišni ili tehnološki uslovi za ekonomsku valorizaciju), bilo da se radi o internoj upotrebi gde se pojedini otpadni materijali koriste u građevinske svrhe (izgradnja brana, kamionskih puteva, zapunjavanje jamskih radova itd.).

Postoji dosta primera [4] gde su, kada je to ekonomski i tehnički bilo moguće, velike količine otpadnih materijala iz rudarskih radova korištene kao materijali za izgradnju autoputeva. Treba znati da mnogi od otpadnih materijala iz procesa prerade mineralnih sirovina imaju ograničenu mogućnost za korišćenje u vidu građevinskih agregata zbog granulosnosti sastava, sadržaja nečistoća, sklonosti ka luženju dela komponenti, same lociranosti rudnika itd. Zbog toga je prilikom utvrđivanja mogućnosti primene, neophodno da se, pored ispitivanja mehaničkih svojstava, ispita i potencijalni ekološki uticaj ovih materijala nakon njihovog korišćenja u drugim industrijskim granama.

REVALORIZACIJA KORISNIH KOMPONENTI IZ OTPADNIH MATERIJALA

U tabeli 1. su dati procenjeni sadržaji korisnih komponenti u delovima odlagališta RBB-a. Ovi podaci su dobijeni iz raznih tehničkih izveštaja prerade rude, kao i iz naknadnih geoloških istraživanja. Iz nekih od navedenih sirovina su u prethodnom periodu u nekoliko navrata, istraživane mogućnosti dodatne revalorizacije korisnih komponenti raznim postupcima koncentracije. Ispitivani su uzorci

jalovine sa Visokog planira i Unutrašnjeg odlagališta površinskog kopa u Boru [5], Velikom Krivelju i Cerovu.

Na kopu „Cerovo-Cementacija 1“ planški su odlagane visokoksidne „partije“ sa izuzetno povoljnog mineralnog sastava sa gledišta revalorizacije bakra luženjem. Po proceni geologa, ukupna količina od 22 Mt sadrži prosečno oko 0,20% bakra, od čega je oko 50% oksidnog. Preliminarnim ispitivanjima luženja uzoraka sa ove lokacije postizana su iskorišćenja preko 70%. Na osnovu ovih ispitivanja sačinjena je preliminarna tehno-ekonomска analiza potencijalnog procesa revalorizacije bakra iz kopovske jalovine za sledeće polazne parametre:

- Prodajna cena katodnog bakra: 3.300,00 \$/t.
- Troškovi održavanja: 5% na vrednost ulaganja, a osiguranja 2 %.
- Amortizacija osnovnih sredstava: po važećim zakonskim propisima za nova ulaganja.
- Bruto zarade radnika: 625 EUR mesečno po radniku za ceo period.
- Ostali materijalni i nematerijalni troškovi: procenjeni na bazi prihoda.
- Porez na dobit: po stopi od 10%.
- Obrtne sredstva: u visini oko četvrtine godišnjeg prihoda.
- Vek projekta od 1+5 godina (na osnovu obaveze vraćanja kredita i grejs-perioda).

Za navedene polazne parametre su dobijeni ekonomski efekti prikazani u tabeli 2:

Tabela 2. Ekonomski efekti projekta revalorizacije bakra iz odložene kopovske jalovine

OPIS	VREDNOST	J.M.
1. VEK PROJEKTA	1+5	god.
2. INVESTICIJE U OSNOVNA SREDSTVA	2.386.378	€
3. PRIHOD		
- Ukupan prihod	22.886.000	€
- Prosečni godišnji prihod	3.814.000	€
4. RASHOD		
- Ukupni troškovi	12.496.000	€
- Pros. godišnji troškovi	2.083.000	€
5. DOBIT		
-Ukupna bruto dobit	10.390.000	€
-Prosečna god. bruto dobit	1.732.000	€
-Ukupna neto dobit	9.351.000	€
-Prosečna god.neto dobit	1.558.000	€
6. Prosečna „cena koštanja“ po t katode	1.801,87	€
7. Stopa dobit	45	%
8. POKAZATELJI USPEŠNOSTI:		
ISR - Interna stopa rentabilnosti	84,53	%
PP - Period povraćaja sredstava	2	god.
NSV - Neto sadašnja vrednost (10%)	6.788.000	€

Pored odličnih ekonomskih efekata bitno je znati i to da bi se planskim i kontrolisanim postupkom luženja uticalo i na poboljšanje ekološke situacije na ovoj lokaciji jer je odloženi materijal takvog mineraloškog sastava da u kontaktu sa atmosferskim padavinama dolazi do stvaranja kiselih voda ($\text{pH} < 3$) koje trenutno nekontrolisano otiču u okolinu. U slučaju planskog luženja do toga ne bi dolazilo jer bi se svi rastvori sakupljali pošto upravo oni i nose rastvoreni bakar, odnosno korisnu komponentu.

ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

Usled višedecenjskog rudarenja u okolini Bora formirana su odlagališta sa ogromnim količinama otpadnih materijala opisanih u ovom tekstu. Definitivno je da će sirovinske osnove za reprocesiranje i revalorizaciju korisnih komponenti u Boru

biti dok bude rudarskih radova, ali i znatno posle toga. Pozitivni efekti ovih postupaka su dvojaki: pored ostvarivanja novčanih prihoda, sa jedne strane, postupcima reprocesiranja i revalorizacije, sa druge strane, poboljšava se i kvalitet životne sredine.

Treba reći da je primena savremenih tehnoloških postupaka za reprocesiranje postojećeg rudarskog otpada u zemljama zapadne Evrope u stalnom porastu. Ovo prvenstveno iz dva razloga: prvi je što postoje rigorozni ekološki kriterijumi, propisani zakonom, za odlaganje otpada bilo koje vrste koji će uskoro i kod nas biti uspostavljeni, a drugi što se ovim aktivnostima sada ostvaruju fantastični novčani prihodi zahvaljujući visokim cenama metala na svetskoj berzi, pa se uložena sredstva višestruko vraćaju.

Nažalost, kod nas do sada nije bilo ovakvih postrojenja, pa je, shodno tome, namera prikazanog razmatranja upravo da se započne sa implementacijom savremenih tehnologija na otpadnim materijalima u okviru RTB-a i ostvare već opisani dvojaki pozitivni rezultati. To bi kasnije omogućilo dalju primenu ovakvih postupaka i tehnologija na drugim otpadnim materijalima nastalim usled rudarskih aktivnosti na ovim prostorima.

Cilj ovog rada bio je i da se pokaže da se o primeni savremenih tehnologija za revalorizaciju korisnih komponenti iz rudarskih otpadnih materijala na ovim prostorima već razmišljalo i da postoje određeni rezultati koji se ogledaju, pre svega, u obavljenim istraživanjima i datim konceptualnim rešenjima za tretman pojedinih otpadnih materijala.

LITERATURA

- [1] Nikolić K., Izveštaj o količinama deponovanih sirovina za hidrometalurški tretman u okviru RTB-a, Biro za operativnu geologiju RBB-a, Bor, (2001).
- [2] Ally M.R., Economical recovery of By-products in the mining industry, Engineering Science and Technology Division, Oak Ridge (2001).
- [3] Kojdić R., Otkriće i eksploatacija borskog ležišta bakra, Institut za bakar Bor, (1999).
- [4] Collins R.J., Recycling and Use of Waste Materials and By-Products in Highway Construction, Transportation Research Board, Washington DC, (1994).
- [5] Stevanović Z., Prethodna studija opravdanosti valorizacije bakra luženjem planira raskrivke površinskog kopa Bor, Institut za bakar Bor, (2000).
- [6] M. Maksimović, M. Jovanović: Pokazatelji tehničko-ekonomske ocene rudnih tela u eksploataciji u jami Bor, Časopis Bakar br. 1, 2002. god.
- [7] B. Klikovac, M. Bačanac, R. Vasić: Tehno-ekonomski faktori profitabilne eksploatacije magnezita u uslovima tržišnog privređivanja, Časopis Rudarski radovi br. 1, 2002. god.

Ljiljana Janošević, Oliver Dimitrijević*, Branislav Rajković**

**IZRADA PROJEKTA PRIHVATNOG BUNKERA U OKVIRU
GLAVNOG RUDARSKOG PROJEKTA EKSPLOATACIJE U
LEŽIŠTU KAMENOG UGLJA „PROGORELICA“ – BALJEVAC**

**GENERATION DESIGN OF RECEIVING BIN IN MAIN
MINE DESIGN OF STONE COAL DEPOSIT
„PROGORELICA“ – BALJEVAC**

Izvod

Projektovati skladišnu čeliju ne znači samo proračunati dimenzije konstruktivnih elemenata već, pre svega, proučiti geometrijske oblike objekta, način punjenja čelije kao i položaj i veličinu ispusnog otvora sa opremom za punjenje i pražnjenje skladišnog prostora. Punjenje skladišne čelije nikad nije povezano sa teškoćama, dok je nesmetano pražnjenje čelije, koje je neophodan uslov postizanja projektovanog kapaciteta, često otežano, a pokatkad i onemogućeno, posebno ako su u pitanju lepljivi materijali.

Ključne reči: skladišna čelija, bunker, ispusni otvor

Abstract

To design storage cell does not mean to calculate just the dimensions of constructive elements, but first of all, to consider the geometric shapes of object, the way of filling of the cells, as well as the location and size of outlet hole with filling equipment for charging and discharging of storage space. The filling of storage cell is never related with difficulties, while the unhampered discharge of cell, which is indispensable condition for achieving of designed capacity, is often interrupted and sometimes even disabled, especially with sticky materials.

Key words: storage cell, receiving bin, discharge hole.

UVOD

U okviru Glavnog rudarskog projekta eksploatacije kamenog uglja u ležištu „Progorelica“–Baljevac urađen je Tehnički građevinski projekat prihvatzog bunkera.

Konstrukcija bunkera je čelična, zapremina $22,3 \text{ m}^3$ gabarita $3,20 \times 4,20$ visine $1,60 + 2,10 = 3,70 \text{ m}$. Gornji deo bunkera je

oblika kvadra, a donji deo (koš) se piramidalno sužava ka mestu izlaska materijala iz bunkera kroz otvor dimenzija $80 \times 80 \text{ cm}$. Na gornji deo bunkera se privršćuje rešetka koja onemogućava prolaz komada većih od $\varnothing 150 \text{ mm}$ i ograda visine $1,0 \text{ m}$ kao zaštita od prolaska materijala van bunkera prilikom istovara iz kamiona. Svi varovi su S kvaliteta, sve veze su ostvarene varenjem. Čelična konstrukcija

* Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

se zaštićuje od korozije bojenjem jednim premazom osnovnom bojom i sa dva završna premaza. Oslanjanje bunkera se vrši na armirano betonski potporni zid, a vezase ostvaruje zavrtnjima u svemu prema statičkom proračunu

U statičkom smislu potporni zid spada u grupu rebrastih potpornih zidova. Vertikalni pločasti zid prihvata i ograničava zemljani nasip i saobraćajno opterećenje. AB greda u krugi zida služi kao graničnik, tj. da spreči kretanje vozila ka ivici zida. Rebra zida su oslonci pločastog vertikalnog zida, a ujedno i oslonci čeličnog bunkera. Oni predaju opterećenje na temelje i tlo.

Statički proračun

Statički proračun bunkera rađen je u programskom paketu „Tower 6“ Radi mpeksa.

Analiza opterećenja

1. Sopstvena težina.....programski
2. obloga.....0.25 Kn/m²
3. opterećenje od rovnog uglja
Zapreminska težina najsitnije frakcije..... $\gamma = 18.0 \text{ Kn/m}^3$

Ugao unutrašnjeg trenja materijala..... $\phi = 35^0$
Koeficijent udara..... $f=1.3$
4. nasip na rešetki.....11.70 Kn/m²

No	Naziv	K.S.
	SOPSTVENA TEŽINA (g)	
	OBLOGA	
	UGALJ	
	NASIP REŠETKE	
	I+II	1.500
	I+II+1.3xIII	1.500
	I+II+1.3xIV	1.500
	I+II+1.3xIII+1.3xIV	1.500

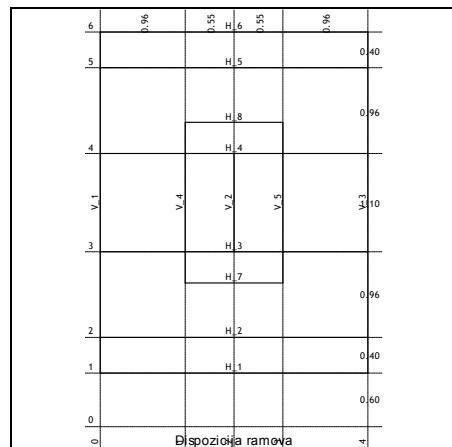
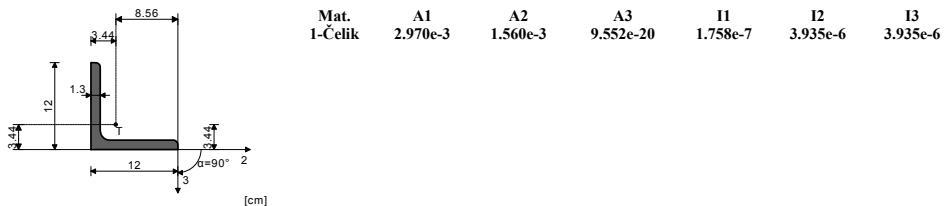


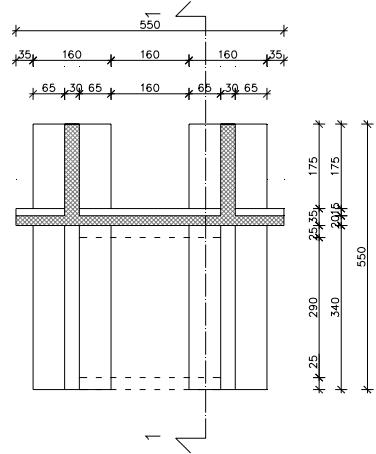
Tabela materijala

No	Naziv materijala	E[kN/m ²]	μ	y[kN/m ³]	$\alpha_t[1/C]$	Em[kN/m ²]	μ_m
1	Čelik	2.100e+8	0.30	78.50	1.000e-5	2.100e+8	0.30
	Setovi greda						

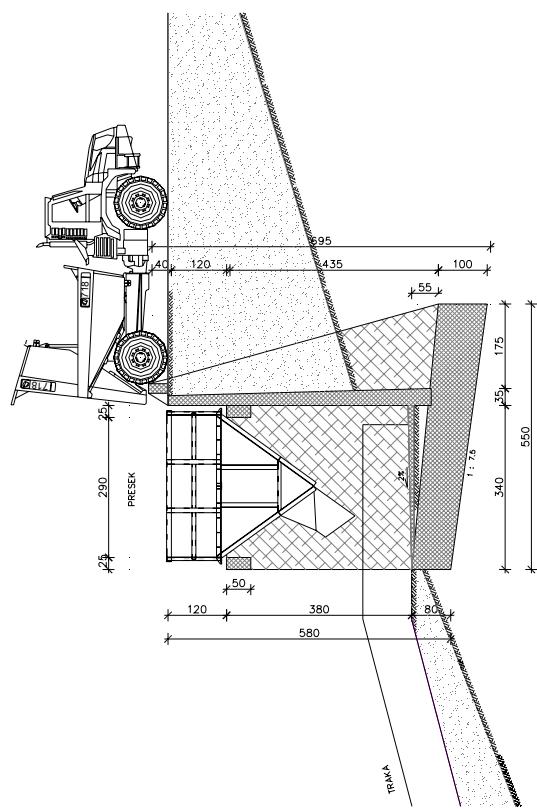
Set: 1 Presek: L 120x120x13, Fiktivna ekscentričnost



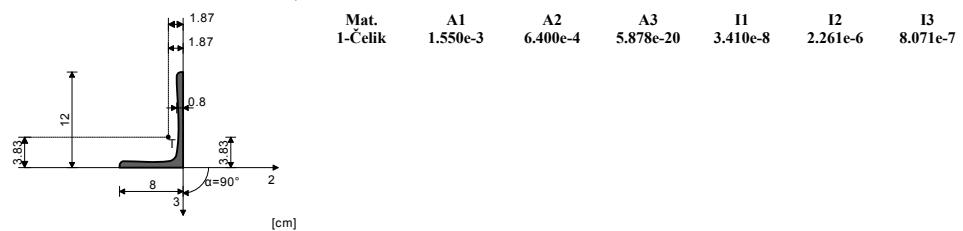
OSNOVA



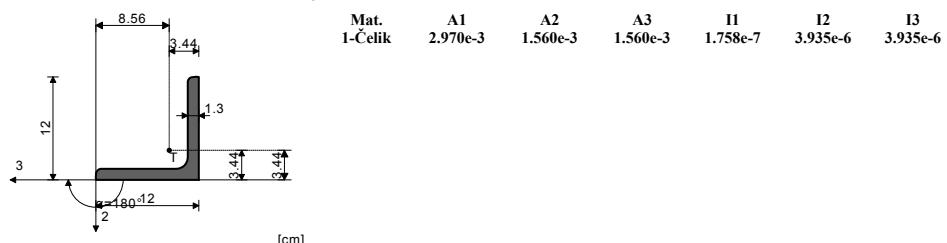
PRESEK



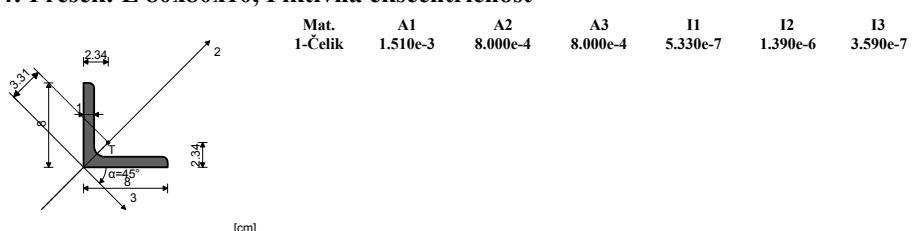
Set: 2 Presek: L120x80x8, Fiktivna ekscentričnost



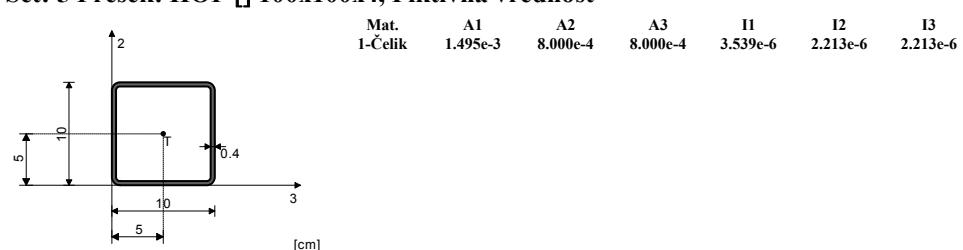
Set: 3 Presek: L 120x120x13, Fiktivna ekscentričnost



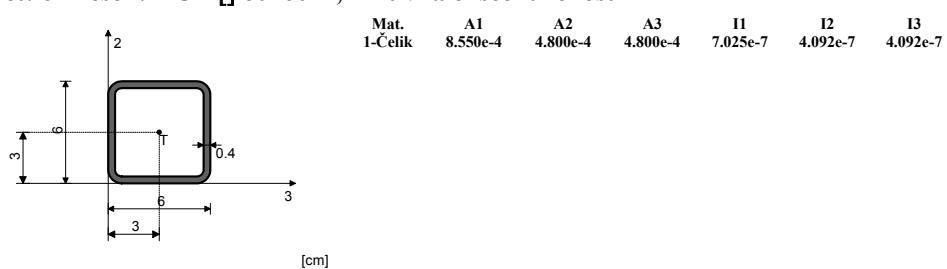
Set 4: Presek: L 80x80x10, Fiktivna ekscentričnost



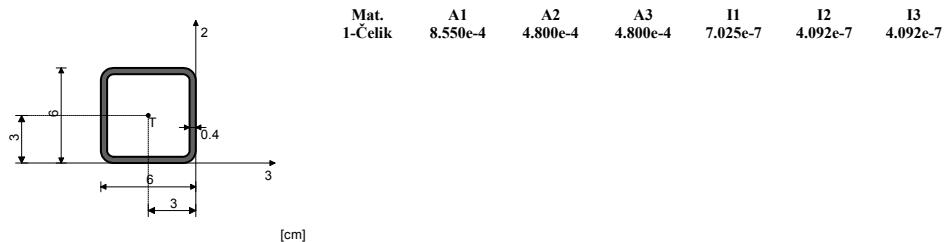
Set: 5 Presek: HOP [] 100x100x4, Fiktivna vrednost



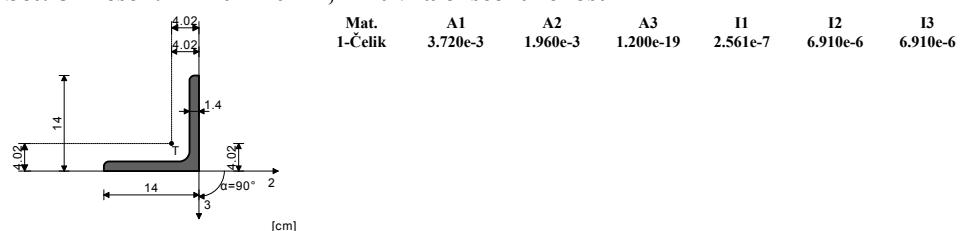
Set: 6 Presek: HOP [] 60x60x4, Fiktivna ekscentričnost



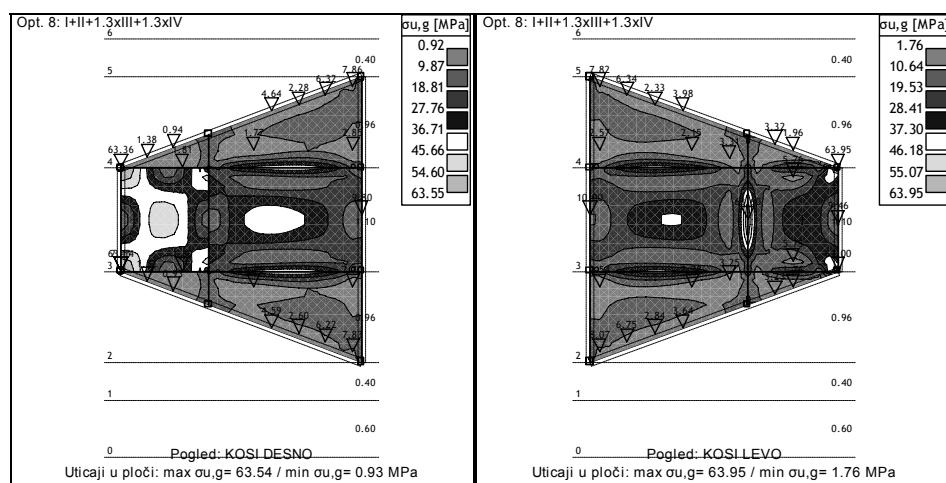
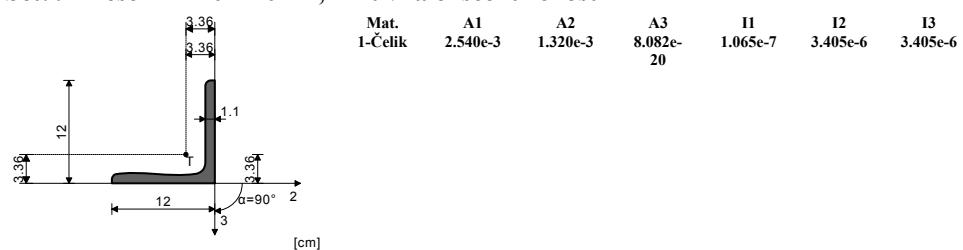
Set: 7 Presek: HOP [] 60x60x4, Fiktivna ekscentričnost

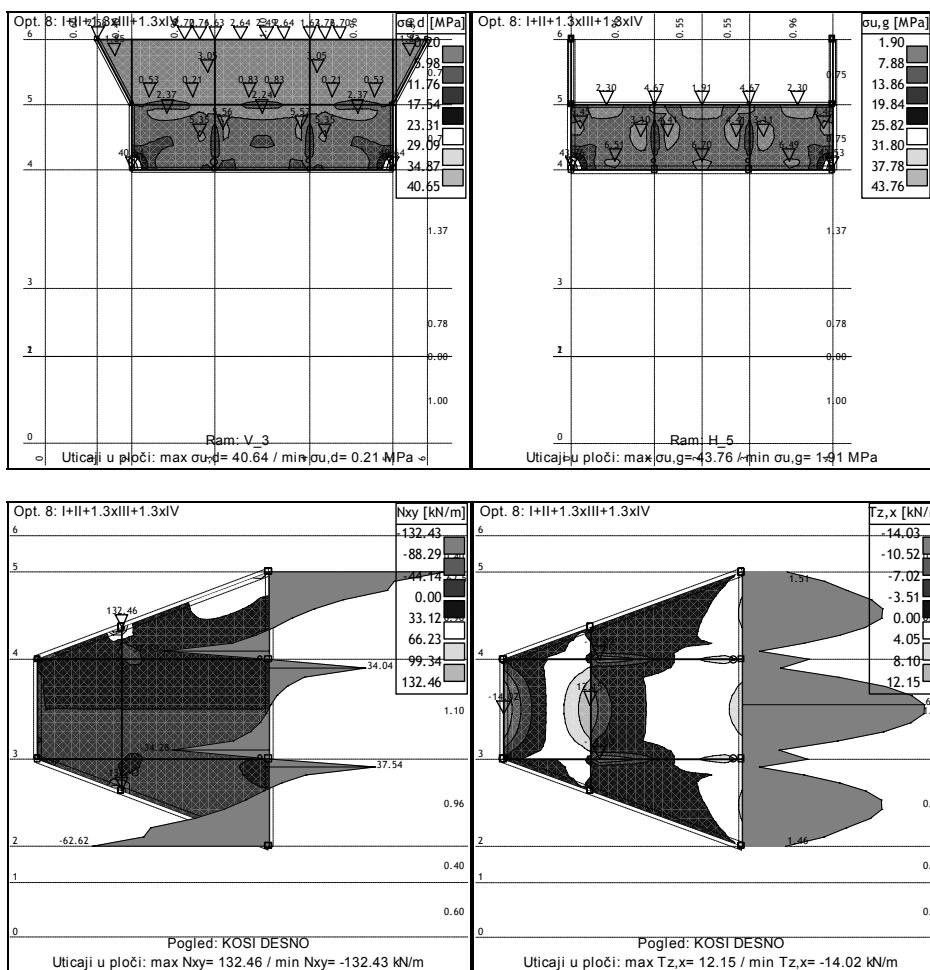


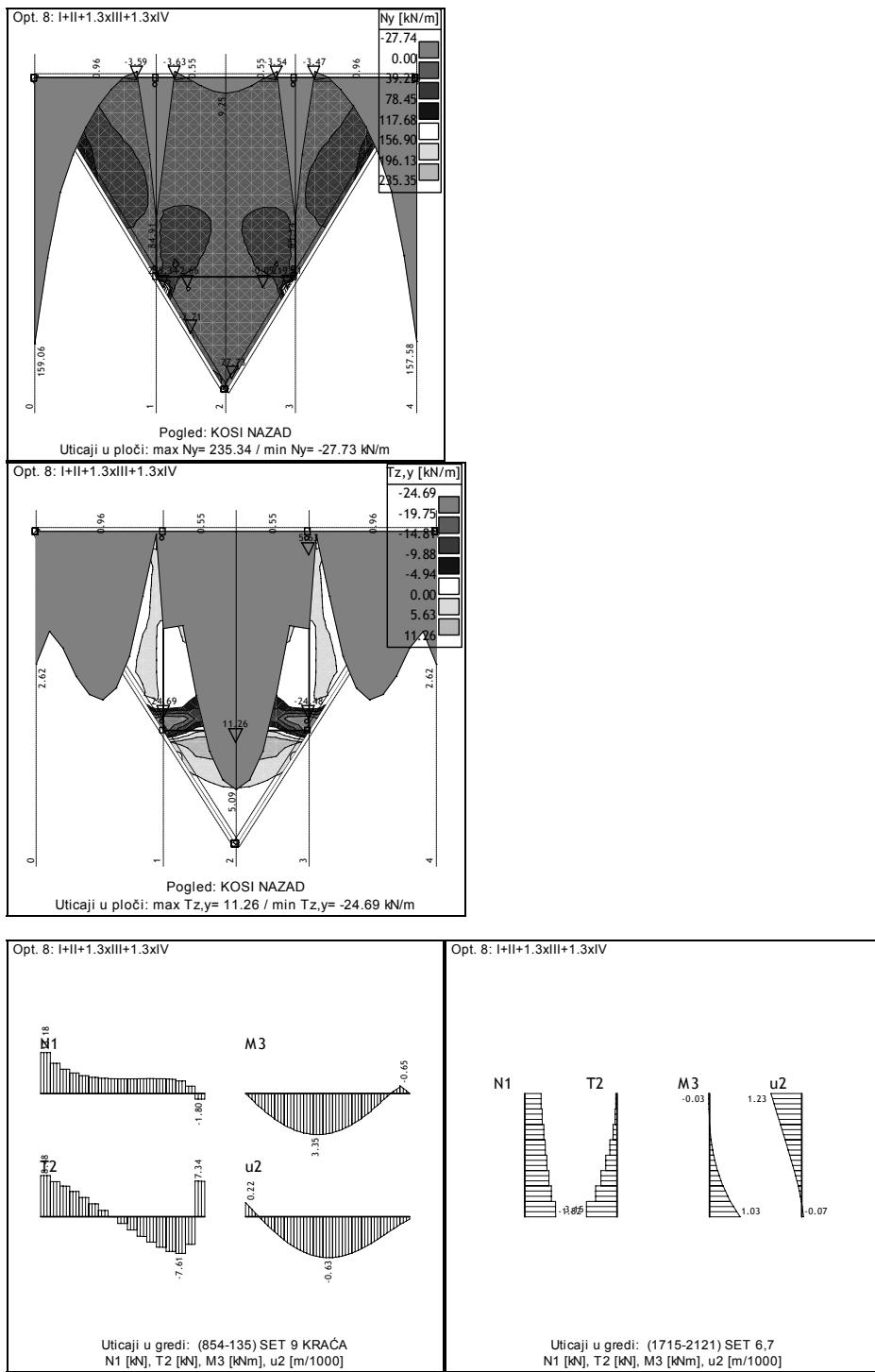
Set: 8 Presek: L 140x140x14, Fiktivna ekscentričnost

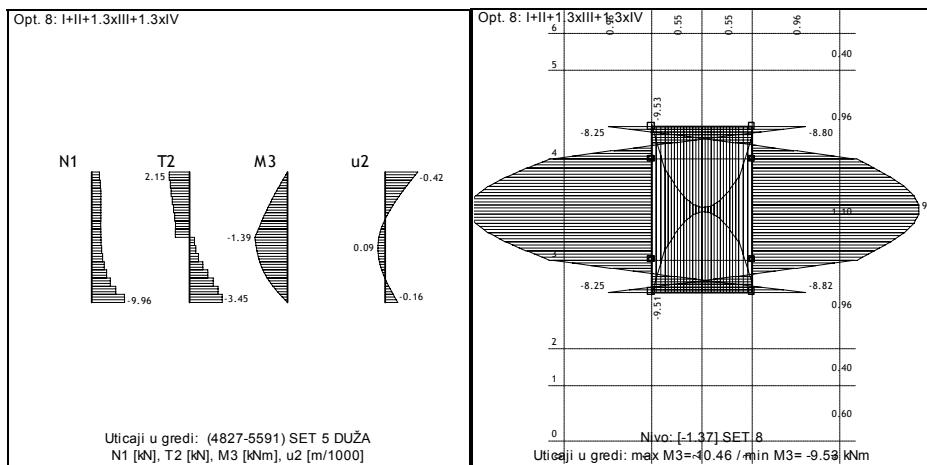


Set: 9 Presek L 120x120x11, Fiktivna ekscentričnost



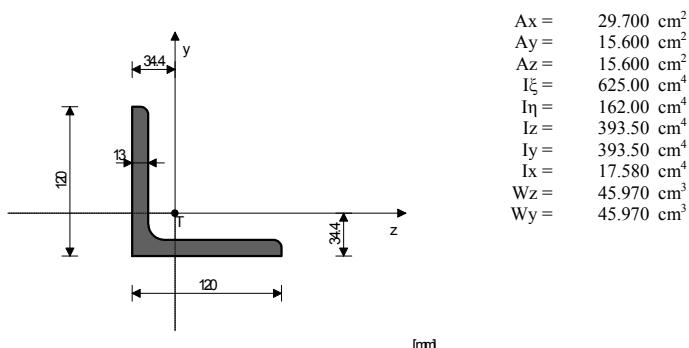






ŠTAP 3155-5376
POPREČNI PRESEK : L 120x120x13
JUS

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

6. $\gamma=0.34$ 8. $\gamma=0.33$ 7. $\gamma=0.07$
5. $\gamma=0.03$

KONTROLA DEFORMACIJA

Maksimalni ugib štapa u = 0.167 mm
(slučaj opterećenja 8, na 126.0 cm od početka štapa)

SLUČAJ OPTEREĆENJA: 6
FAKTOR SIGURNOSTI : 1.50
DOPUŠTENI NAPON : 16.00
MERODAVNI UTICAJI (kraj štapa)

Računska normalna sila	N = -9.060 kN
Momenat savijanja oko z osi	M _z = -2.397 kNm
Momenat savijanja oko y osi	M _y = 0.002 kNm
Transverzalna sila u z pravcu	T _z = 7.128 kN

Transverzalna sila u y pravcu	Ty =	14.647 kN
Sistemska dužina štapa	L =	302.00 cm
Dužina izvijanja oko z ose	li,z =	302.00 cm
Dužina izvijanja oko y ose	li,y =	302.00 cm
Kriva izvijanja za z osu C		
Kriva izvijanja za y osu C		

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU

KONTROLA STAB.PRI EKSC. PRITISKU JUS U.E7.096

Poluprečnik inercije	i,z =	4.587 cm
Poluprečnik inercije	i,y =	2.335 cm
Vitkost	λ_z =	65.833
Vitkost	λ_y =	129.31
Relativna vitkost	$\lambda'z$ =	0.708
Relativna vitkost	$\lambda'y$ =	1.391
Relativni napon	σ' =	0.019
Koef.zavisan od oblika Mz	β =	1.000
Bezdimenzionalni koeficijent	κ,z =	0.719
Bezdimenzionalni koeficijent	κ,y =	0.352
Koeficijent povećanja uticaja	Kmz =	1.010
Koeficijent povećanja uticaja	Kmy =	1.038
Uticaj ukupne imperfekc. štapa	Knz =	1.252
Uticaj ukupne imperfekc. štapa	Kny =	1.606
Poluprečnik inercije prit.zone	i_prit =	3.464 cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L_boč. =	302.00 cm
Dužina pritisnute zone	L_prit. =	10.172 cm
Usv. razmak bočno nepomer.	L_boč. =	10.172 cm
tačaka		
Vitkost	λ,y =	2.936
Granična vitkost	λ,cr =	39.581
$\lambda,y < \lambda,cr$		
Granični napon izvijanja	σ_d =	24.000 kN/cm ²
Koef.povećanja ut. od b.i.	θ =	1.000
Normalni napon od N	$\sigma(N)$ =	0.305 kN/cm ²
Normalni napon od Mz	$\sigma(Mz)$ =	2.096 kN/cm ²
Normalni napon od My	$\sigma(My)$ =	0.002 kN/cm ²
Maksimalni napon	σ_{max} =	2.607 kN/cm ²
Merodavan je napon zatezanja (kn'=kn-2):		
Normalni napon od N	$\sigma(N)$ =	0.305 kN/cm ²
Normalni napon od Mz	$\sigma(Mz)$ =	5.215 kN/cm ²
Normalni napon od My	$\sigma(My)$ =	0.002 kN/cm ²
Maksimalni napon	σ_{max} =	5.387 kN/cm ²
Dopušteni napon	σ_{dop} =	16.000 kN/cm ²

Kontrola napona: $\sigma_{max} \leq \sigma_{dop}$

SLUČAJ OPTEREĆENJA: 8
FAKTOR SIGURNOSTI : 1.50
DOPUŠTENI NAPON : 16.00
MERODAVNI UTICAJI (početak štapa)

Računska normalna sila	N =	-9.057 kN
Momenat savijanja oko z ose	Mz =	-2.346 kNm
Momenat savijanja oko y ose	My =	0.002 kNm
Transverzalna sila u z pravcu	Tz =	-8.934 kN
Transverzalna sila u y pravcu	Ty =	-14.343 kN
Sistemska dužina štapa	L =	302.00 cm
Smičući napon	τ =	1.492 kN/cm ²
Dopušteni smičući napon	τ_{dop} =	9.238 kN/cm ²

Kontrola napona: $\tau \leq \tau_{dop}$

SLUČAJ OPTEREĆENJA: 6
FAKTOR SIGURNOSTI : 1.50
DOPUŠTENI NAPON : 16.00
MERODAVNI UTICAJI (početak štapa)

Računska normalna sila	N =	-9.076 kN
Momenat savijanja oko z ose	Mz =	-2.397 kNm
Momenat savijanja oko y ose	My =	0.002 kNm
Transverzalna sila u z pravcu	Tz =	-7.140 kN
Transverzalna sila u y pravcu	Ty =	-14.643 kN
Sistemska dužina štapa	L =	302.00 cm

KONTROLA STABILNOSTI NA IZBOČ.LIMOVA JUS U.E7.121
Izbočavanje rebra valj.L preseka

Dimenzije lima a/b/t = 302/12/1.3 (cm)	
Način oslanjanja: B	
Odnos a/b	$\alpha = 25.167$
Ivični normalni napon u limu	$\sigma_1 = -2.399 \text{ kN/cm}^2$
Ivični normalni napon u limu	$\sigma_2 = 4.910 \text{ kN/cm}^2$
Odnos σ_1/σ_2	$\Psi = -2.046$
Koefficijent izbočavanja	$k_{\sigma} = 23.800$
Ojlerov napon izbočavanja lima	$\sigma_E = 222.75 \text{ kN/cm}^2$
Kritični napon izbočavanja	$\sigma_{cr} = 5301.5 \text{ kN/cm}^2$
Relativna vitkost ploče	$\lambda'_{ps} = 0.067$
Bezdim. koef. izbočavanja	$k_p \sigma = 1.000$
Korekcionni faktor	$c_{\sigma} = 1.250$
Korekcionni faktor	$f = 0.000$
Relativni granični napon	$\sigma'u = 1.000$
Granični napon izbočavanja	$\sigma_u = 24.000 \text{ kN/cm}^2$
Faktorisani napon pritiska	$\sigma = 3.599 \text{ kN/cm}^2$

Kontrola napona: $\sigma \leq \sigma_u$

Koefficijent izbočavanja	$k_{\tau} = 5.346$
Ojlerov napon izbočavanja lima	$\sigma_E = 222.75 \text{ kN/cm}^2$
Kritični napon izbočavanja	$\tau_{cr} = 1190.9 \text{ kN/cm}^2$
Relativna vitkost ploče	$\lambda'_{pt} = 0.108$
Bezdim. koef. izbočavanja	$k_{pt} = 1.000$
Korekcionni faktor	$c_{\tau} = 1.250$
Kritični napon izbočavanja	$\tau_{cr} = 1190.9 \text{ kN/cm}^2$
Relativni granični napon	$\tau'u = 1.000$
Granični napon izbočavanja	$\tau_u = 13.856 \text{ kN/cm}^2$
Faktorisani smišući napon	$\tau = 1.408 \text{ kN/cm}^2$

Kontrola napona: $\tau \leq \tau_u$

Kombinovano naponsko stanje	$\sigma'2 = 0.033$
-----------------------------	--------------------

Kontrola napona: $\sigma'2 \leq 1$

KONTROLA STABILNOSTI NA IZBOČ.LIMOVA JUS U.E7.121
Izbočavanje nožice valj.L preseka

Dimenzije lima a/b/t = 302/12/1.3 (cm)	
Način oslanjanja: B	
Odnos a/b	$\alpha = 25.167$
Ivični normalni napon u limu	$\sigma_1 = -2.404 \text{ kN/cm}^2$
Ivični normalni napon u limu	$\sigma_2 = -2.399 \text{ kN/cm}^2$
Odnos σ_1/σ_2	$\Psi = 0.998$
Koefficijent izbočavanja	$k_{\sigma} = 0.432$
Ojlerov napon izbočavanja lima	$\sigma_E = 222.75 \text{ kN/cm}^2$

Kritični napon izbočavanja	$\sigma_{cr} =$	96.237 kN/cm ²
Relativna vitkost ploče	$\lambda'p\sigma =$	0.499
Bezdim. koef. izbočavanja	$\kappa_p\sigma =$	1.000
Korekcioni faktor	$c_\sigma =$	1.001
Korekcioni faktor	$f =$	0.000
Relativni granični napon	$\sigma'u =$	1.000
Granični napon izbočavanja	$\sigma_u =$	24.000 kN/cm ²
Faktorisani napon pritiska	$\sigma =$	3.607 kN/cm ²

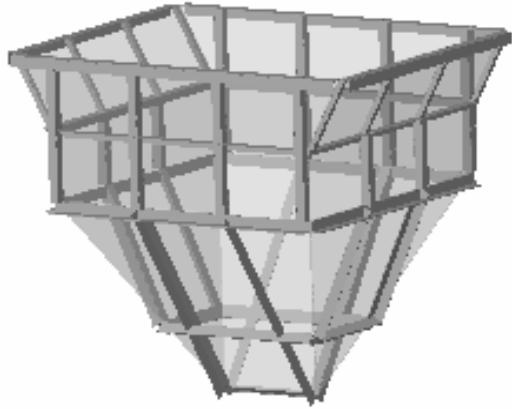
Kontrola napona: $\sigma \leq \sigma_u$

Koeficijent izbočavanja	$k_\tau =$	5.346
Ojlerov napon izbočavanja lima	$\sigma_E =$	222.75 kN/cm ²
Kritični napon izbočavanja	$\tau_{cr} =$	1190.9 kN/cm ²
Relativna vitkost ploče	$\lambda'pt =$	0.108
Bezdim. koef. izbočavanja	$\kappa_pt =$	1.000
Korekcioni faktor	$c_\tau =$	1.250
Kritični napon izbočavanja	$\tau_{cr} =$	1190.9 kN/cm ²
Relativni granični napon	$\tau'u =$	1.000
Granični napon izbočavanja	$\tau_u =$	13.856 kN/cm ²
Faktorisani srušujući napon	$\tau =$	0.687 kN/cm ²

Kontrola napona: $\tau \leq \tau_u$

Kombinovano naponsko stanje	$\sigma'^2 =$	0.025
-----------------------------	---------------	-------

Kontrola napona: $\sigma'^2 \leq 1$



Izometrija

Diskusija

Ako pogledamo stavke predmeta videćemo da je težina materijala koja se skladišti u bunkeru $g = 22.3 \times 1.8 = 40.14$ t, a sopstvena težina konstrukcije 5.21, t što

iznosi 12.97 % od ukupne težine usklađištenog materijala. Ova vrednost se uklapa u prosečne vrednosti težina za čelične pravougaone bunkere.

Grede - predmet po setovima

Set	Presek/Materijal	γ [kN/m ³]	L [m]	V [m ³]	m [T]
1	L 120x120x13 Celik	78.500	12.080	0.036	0.287
2	L 120x80x8 Celik	78.500	12.080	0.019	0.150
3	L 120x120x13 Celik	78.500	13.680	0.041	0.325
4	L 80x80x10 Celik	78.500	1.100	0.002	0.013
5	HOP [] 100x100x4 Celik	78.500	15.000	0.022	0.180
6	HOP [] 60x60x4 Celik	78.500	4.250	0.004	0.029
7	HOP [] 60x60x4 Celik	78.500	2.550	0.002	0.017
8	L 140x140x14 Celik	78.500	5.799	0.022	0.173
9	L 120x120x11 Celik	78.500	16.497	0.042	0.335
Ukupno:		83.036	0.189	1.510	

Rekapitulacija količina materijala

Materijal	γ [kN/m ³]	V [m ³]	m [T]
Celik	78.500	0.651	5.210

ZAKLJUČAK

Sagledavanjem potreba Investitora može se izabrati najpovoljnije rešenje za svaki konkretni slučaj.

Prilikom projektovanja građevinskih objekata u rudarstvu, iznalaženje najcelišodnjeg rešenja po pitanju stabilnosti, funkcionalnosti i upotrebljivosti, pri čemu je od velikog značaja i analiza cene koštanja, predstavlja izbor optimalnog tehničkog rešenja.

LITERATURA

- [1] Miroslav Debeljković: "Bunkeri i silosi u čeličnoj konstrukciji"
- [2] Branko Zarić, Bratislav Stipanić i Dragan Buđevac: "Čelične konstrukcije u građevinarstvu", univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1989
- [3] Živorad Radosavljević: „Armirani beton“ knjiga 1, univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1990
- [4] Živorad Radosavljević: „Armirani beton“ knjiga 2-teorija graničnih stanja, univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1990
- [5] Živorad Radosavljević: „Armirani beton“ knjiga 3-elementi armiranobetonskih konstrukcija, univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1990
- [6] Lj. Janošević, M. Ignjatović, O. Dimitrijević: Izbor načina premoščavanja doline reke Raduše u području ležišta kamenog uglja „Progorelica“ Baljevac za prolazak trakastog transportera, Časopis Rudarski radovi, br. 2., 2008. god.

UDK: 622.272(045)=861

Ljiljana Janošević, Daniela Urošević*, Zoran Ilić**

**SANACIJA GORNJEG OTVORA KOSOG OKNA UGRADNJOM
ZAŠTITNE REŠETKE U LEŽIŠTU KREČNOG KAMENA U LEŽIŠTU
„ZAGRAĐE-5“**

**REBUILDING OF OVERHEAD ACCESS OF ASLOPE PIT BY
ASSEMBLING OF PROTECTIVE GRATE IN LIME STONE
DEPOSIT „ZAGRAĐE-5“**

Izvod

Postrojenje za pripremu krečnjaka u svom dugom radnom veku doživljavalo je više rekonstrukcija, da bi poslednjom rekonstrukcijom, kada je transport krečnjaka žičarama za stare i nove peći zamenjen transportnim trakama, dobilo svoj konačni oblik i kao takvo obrađeno je ovim projektom.

U skladu sa zahtevima investitora, neophodna je ugradnja stacionarne rešetke na kosom oknu na površinskom kopu Zagrade-5, koja bi služila za izdvajanje vangabaritnih komada krečnog kamena od gfk 900 mm pre njegovog ulaska u drobilicu.

Ugradnjom stacionarne rešetke rešio bi se dugogodišnji problem zaglave vangabaritnih komada u čeljusnoj drobilici, koja se trenutno reguliše lančanim dodavačem. Time bi se sprečili česti zastoji drobilice i omogućio njen nesmetan rad.

Ključne reči: zaštitna rešetka, vangabaritni komadi, drobilica.

Abstract

Facility for preparing of lime-stone in its long lasting operating life went through numerous reconstructions, so it gained its final shape by the last reconstruction, when limestone transportation by cableway to old and new furnaces has been replaced by conveyor belts, and it is analysed in this project.

In accordance to investor's requests, the assemblage of stationary grate on aslope pit of the open pit Zagrade-5 is indispensable, and it will serve for separation of oversized pieces of lime-stone with size limit of 900 mm before its entrance in crusher.

By building of stationary grate it would be solved the longlasting problem of jamming of oversized pieces in jaw-crusher, which is being regulated at the moment by chain feeder. Therewith it would be prevented frequent down time of crusher and enabled its free operation.

Key words: protective grate, oversized pieces, crusher.

* Institut za rudarstvo i metalurgiju, Bor

UVOD

U okviru RBN-a nalazi se postrojenje za proizvodnju komadastog kreča u Zagradu koji se koristi za potrebe flotacija u Boru i Velikom Krivelju, dok se deo komadastog kreča koristi za proizvodnju hidratisanog kreča za potrebe gradevinarstva.

Postrojenje za pripremu rovnog krečnjaka u Zagradu se sastoji od sledećih faza: drobljenja, prosejavanja i transporta krečnjaka do prijemnih bunkera ispred krečnih peći za pečenje krečnjaka. S tim u vezi, zadatak je da se od polazne sirovine usitnjavanjem i prosejavanjem izdvoji krečnjak odgovarajuće granulacije koji neće stvarati probleme kod naredne tehnološke faze pečenja krečnjaka u pećima.

Rovni krečnjak sa površinskog kopa, koji se dovozi kamionima, istresa se u koso okno. Namena kosog okna je da se njime izvrši gravitacioni transport krečnjaka sa površinskog kopa do postrojenja za primarno drobljenje. Okno ima ulogu i prihvavnog skladišta, kapaciteta 3000 t rovnog krečnjaka čime se obezbeđuje nesmetan rad drobljenja od iznenadnih zastoja na površinskom kopu.

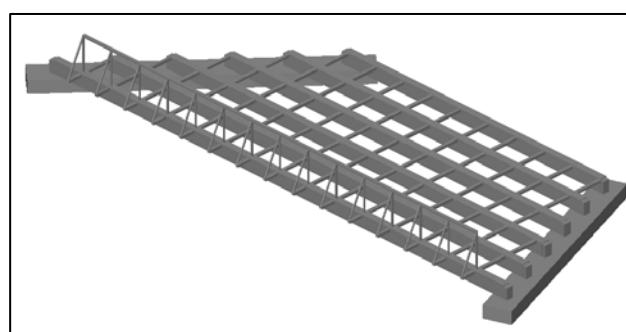
Na dnu kosog okna, za ravnometerno hranjenje primarne drobilice, instalirana je čelična sipka sa lančanim dodavačem. Primarno drobljenje rovnog krečnjaka se obavlja u čeljusnoj drobilici tipa

„TRAYLOR“. GGK komada krečnog kamenja koji ulaze u drobilicu iznosi 500 mm. Promenom tehnološke šeme miniranja i bušenja na kopu Zagrađe-5, predviđeno je povećanje ggk komada krečnog kamenja na ulasku u drobilicu sa sadašnjih 500 mm na ggk 900 mm. Usled neravnomernog miniranja na površinskom kopu Zagrađe, povremeno dolaze i kružniji komadi krečnog kamenja. Izlazna ggk komada iz drobilice je 150 mm.

Tako usitnjeni krečnjak pada direktno na transportnu traku, smeštenu delimično u izvoznom potkopu, a zatim dozira na kosu transportnu traku, kojom se materijal odvozi na vibraciono sito, na kome se krečnjak primarno prosejava.

Po osnovu zahteva iz Projektnog zadatka, neophodna je ugradnja stacionarne rešetke na kosom oknu na površinskom kopu Zagrađe-5, koja bi služila za izdvajanje vangabaritnih komada krečnog kamenja od ggk 900 mm pre njegovog ulaska u drobilicu. Na taj način je limitirana ggk komada krečnog kamenja koji dolazi u drobilicu.

Zbog postojanja sekundarnog miniranja na kopu Zagrađe-5, očekuje se vrlo mali procenat vangabaritnih komada na stacionarnoj rešetki. S tim u vezi, za potrebe razbijanja ovih komada koristiće se povremeno višenamenski utovarivač sa kopa na kome će se montirati hidraulični čekići.



Sl. 1. Izometrija

Opis konstrukcije

Zaštitna rešetka se izrađuje od čeličnih nosača. Oblik i dimenzije rešetke su usloveljni nepravilnim oblikom otvora kosog okna, te je ona oblika trapeza osnova 9,40 m i 16,45 m i visine 5,70 m. Ove mere su projektantske-uzete na osnovu geode-tskih podloga, a tačne mere uzeće se na terenu, na licu mesta, posle uređenja terena.

Čelična rešetka je dimenzionisana na maksimalnu težinu od 28,78 t, na osnovu nosivosti kamiona usvojenog u okviru tehničkog projekta otkopavanja od 16,33 t, uz pretpostavku da se opterećenje rasprostire na površinu od 3,3x4,4 m ili 4,4x5,5 m.

Najpre se skida postojeći sloj nasutog terena za 60 cm i iskop temeljne jame. Dubina fundiranja je 80 cm, odnosno temeljno dno mora biti na zdravom terenu. Temeljna traka visine 40 cm i širine 80 cm izrađuje se od armiranog betona MB30 na rastojanju od 20 cm od ivice okna i bočno se ankeriše za stenu ankerima RØ20 na svakih 50 cm.

Čelična rešetka se izrađuje od podužnih glavnih nosača na osovinskom rastojanju od 110 cm izrađenih u vidu kutije od toplovaljanih nosača 2U 400 međusobno varenih i oslonjenih na temelje preko čelične podložne ploče. Krajevi nosača se zatvaraju vertikalnim pločama na krajevima nosača koji ga štite od prodora vode i bočno ga stabilizuju. Noseću konstrukciju nije potrebno dodatno ankerisati za podlogu zbog velike sopstvene težine, već se ona samo vari za podložnu pločicu. Betonsku podlogu je obavezno izravnati zbog boljeg naleganja nosača. Krajnji podužni nosač je dužine veće od 15 metara te se mora nastaviti. Nastavak profila U 400 uraditi po celom

obimu sučeonim varom i to tako da se ne nastave oba profila u istom preseku već jedan u levoj četvrtini nosača a drugi u desnoj četvrtini nosača. Voditi računa da se spoj ne radi u čvoru.

Poprečni nosači su sekundarni i nalaze se na osovinskom rastojanju od 100 cm i njihova uloga je da obezbede zajednički rad podužnih nosača. Izrađeni su u vidu kutije od toplovaljanih nosača 2U 80 i nalaze se u gornjoj zoni podužnih nosača, čime vrše stabilizuju pritisnute zone nosača. Vare se ugaonim varovima po celom obimu.

Krajnje polje rešetke je obezbeđeno zaštitnom ogradom čija je uloga da spreči eventualni prolaz vangabaritnih komada izvan zone rešetke i zaglave drobilicu.

Na prednjoj strani rešetke izrađuje se plato dimenzija 6,0x7,0 m sa zaštitnim betonskim graničnikom, za prilaz kamiona pri istovaru materijala na rešetku. Plato se radi u padu od okna ka terenu.

Bočne strane rešetke u dužini temelja se obezbeđuju kamenim nasipom visine min 50 cm uz liniju temelja, odnosno otvora okna i pobijanjem svetlećih signalnih solarnih tinjalica visine 40-50 cm na rastojanju od 1m, i stubova za rasvetu.

Zaštita kosog okna na delu van rešetke vrši se žičanom ogradom od univerzalnog pletiva na čeličnim stubićima i temeljima samcima na osovinskom rastojanju od 2m, kao i kamenim nasipom visine min 1m.

Odvodnjavanje platoa oko kosog okna obrađeno je Tehničkim projektom odvodnjavanja kopa "Zograđe-2". Teren platoa urediti u nagibu od 1 % prema kanalima za odvodnjavanje.

Grede - predmer po setovima

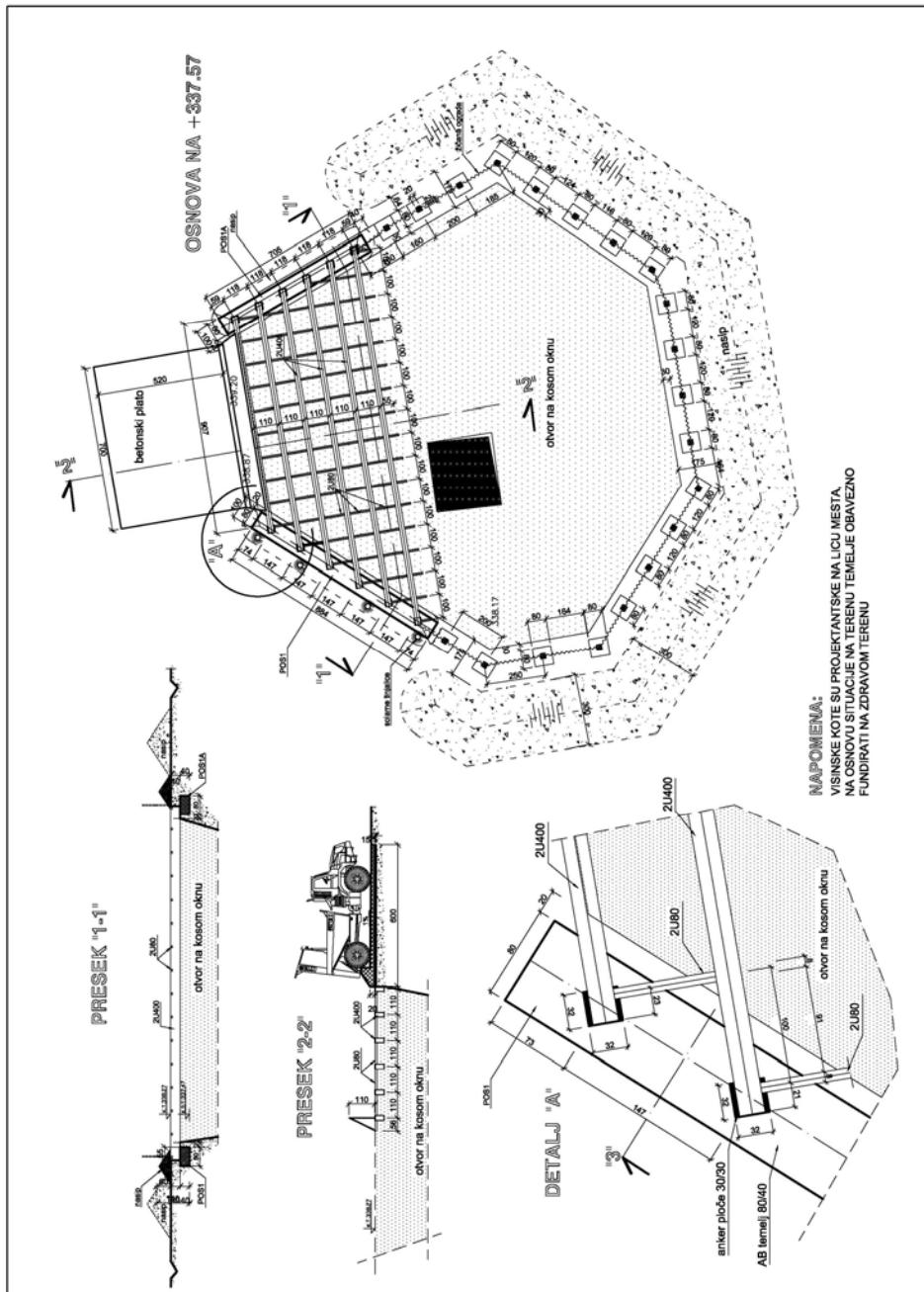
Set	Presek/Materijal	γ [kN/m ³]	L [m]	V [m ³]	m [T]
1	[80 Celik	78.500	76.450	0.084	0.673
1	[80 Celik	78.500	76.450	0.084	0.673
2	[400 Celik	78.500	75.460	0.690	5.527
2	[400 Celik	78.500	75.460	0.690	5.527
3	HOP [] 40x40x3 Celik	78.500	18.448	0.008	0.062
4	[65 Celik	78.500	14.000	0.013	0.101
4	[65 Celik	78.500	14.000	0.013	0.101
5	HOP [] 40x40x3 Celik	78.500	16.500	0.007	0.056
7	b/d=80/40 Beton MB 30	25.000	15.889	5.085	12.962
Ukupno:		382.66	6.674	25.683	

Grede - predmer po poprečnim preseцима

Presek/Materijal	γ [kN/m ³]	L [m]	V [m ³]	m [T]
[80 Celik	78.500	152.90	0.168	1.346
[400 Celik	78.500	150.92	1.381	11.054
[65 Celik	78.500	28.000	0.025	0.202
HOP [] 40x40x3 Celik	78.500	34.948	0.015	0.118
b/d=80/40 Beton MB 30	25.000	15.889	5.085	12.962
Ukupno:		382.66	6.674	25.683

Rekapitulacija količina materijala

Materijal	γ [kN/m ³]	V [m ³]	m [T]
Celik	78.500	1.589	12.720
Beton MB 30	25.000	5.085	12.962
	Ukupno:	6.674	25.683



Sl. 2. Analiza opterećenja
Objekat: čelična rešetka
Lokacija: Zagrade

Analiza opterećenja

Objekat: čelična rešetka

Lokacija: Zagrađe

Lista slučajeva opterećenja

No	Naziv	pX[kN]	pY[kN]	pZ[kN]
1	sopstvena težina (g)	-0.00	-0.00	-259.85
2	sneg	0.0	0.00	-21.91
3	korisno tip 1	0.00	0.00	-435.60
4	korisno tip 1A	0.00	0.00	-435.60
5	korisno tip 1B	0.00	0.00	-435.60
6	korisno tip 2	0.00	0.00	-435.60
7	korisno tip 2A	0.00	0.00	-435.60
8	korisno tip 2B	0.00	0.00	-435.60
9	horizontalna sila	0.00	-14.00	0.00
10	Komb.: I+II	-0.00	-0.00	-281.76
11	Komb.: I+II+III	-0.00	-0.00	-717.36
12	Komb.: I+II+IV	-0.00	-0.00	-717.36
13	Komb.: I+II+V	-0.00	-0.00	-717.36
14	Komb.: I+II+VI	-0.00	-0.00	-717.36
15	Komb.: I+II+VII	-0.00	-0.00	-717.36
16	Komb.: I+II+VIII	-0.00	-0.00	-717.36
17	Komb.: I+IX	-0.00	-14.00	-259.85
18	Komb.: I+II+IX	-0.00	-14.00	-281.76
19	Komb.: I+II+III+IX	-0.00	-14.00	-717.36
20	Komb.: I+II+IV+IX	-0.00	-14.00	-717.36
21	Komb.: I+II+V+IX	-0.00	-14.00	-717.36
22	Komb.: I+II+VI+IX	-0.00	-14.00	-717.36
23	Komb.: I+II+VII+IX	-0.00	-14.00	-717.36
24	Komb.: I+II+VIII+IX	-0.00	-14.00	-717.36
25	Komb.: 1.6xI+1.8xII+ +1.8xIV+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1239.27
26	Komb.: 1.6xI+1.8xII+ +1.8xV+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1239.27
27	Komb.: 1.6xI+1.8xII+ +1.8xVI+1.8IX	-0.00	-25.20	-1239.27
28	Komb.: 1.6xI+1.8xII+ +1.8xIII+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1239.27
29	Komb.: 1.6xI+1.8xII+ +1.8xVII+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1239.27
30	Komb.: 1.6xI+1.8xII+ +1.8xVIII+1.8xIV	-0.00	-25.20	-1239.27
31	Komb.: I+1.8xII+ +1.8xIV+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1083.37
32	Komb.: I+1.8xII+ +1.8xVI+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1083.37

33	Komb.: I+1.8xII+ +1.8xIII+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1083.37
34	Komb.:I+1.8xII+ +1.8xIX	-0.00	-25.20	-1083.37
35	Komb.: I+1.8xII+ +1.8xIX	-0.00	-25.20	-1083.37
36	Komb.: I+1.8xII+ +1.8xV+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1083.37
37	Komb.:1.6xI+1.8xV+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1199.83
38	Komb.:1.6xI+1.8xII+1.8xV	-0.00	-0.00	-1239.27
39	Komb.:1.6I+1.8xII+1.8xIV	-0.00	-0.00	-1239.27
40	Komb.:1.6+1.8xII+1.8xIII	-0.00	-0.00	-1239.27
41	Komb.:1.6xI+1.8xIV+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1199.83
42	Komb.:1.6xI+1.8xVI+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1199.83
43	Komb.:1.6xI+1.8xII+1.8xVI	-0.00	-0.00	-1239.27
44	Komb.:1.6xI+1.8xIII+1.8xIX	-0.00	-25.00	-1199.83
45	Komb.:1.6xI+1.8xVII+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1199.83
46	Komb.:1.6xI+1.8xVIII+1.8xIX	-0.00	-25.20	-1199.83
47	Komb.:1.6xI+1.8xII+1.8xIX	-0.00	-25.20	-455.19
48	Komb.:1.6xI+1.8xII+1.8xVII	-0.00	-0.00	-1239.27
49	Komb.:1.6I+1.8xII+1.8xVIII	-0.00	-0.00	-1239.27

Prikaz proračuna

Greda 152-119

PBAB 87

MB 30

GA 240/360

Kompletna šema opterećenja

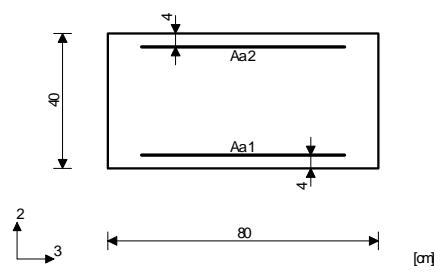
Merodavna kombinacija za smicanje:

1.60xI+1.80xII+1.80xIV+1.80xIX

T2u= 59.05 kN

T3u= -1.47 kN

M1u= 0.00 kNm



$$\epsilon_b/\epsilon_a = -0.874/10.000\%$$

$$Aa1= 7,13 \text{ cm}^2$$

$$Aa2= 0.00 \text{ cm}^2$$

$$Aa3= 0.00 \text{ cm}^2$$

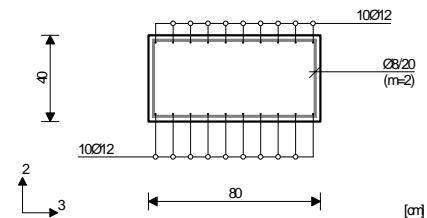
$$Aa4= 0.00 \text{ cm}^2$$

$$Aa,uz= 0.00 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{m}=2)$$

$$\tau_y=0.23 \text{ MPa} < \text{tr}, \text{tr}=1.10 \text{ MPa}$$

Procenat animiranja: 0,71%

Presek 2-2 x=4.70m



Presek 1-1 x=1,76m

Merodavna kombinacija za savijanje:

1.60xI+1.80xII+1.80xIV+1.80xIX

N1u= -5.65 kN

M2u= 0.00 kNm

M3u= 61.03 kNm

Merodavna kombinacija za savijanje:
 $1.00xI+1.80xIV$
 $N1u = -1.25 \text{ kN}$
 $M2u = 0.00 \text{ kNm}$
 $M3u = -11.34 \text{ kNm}$

Merodavna kombinacija za smicanje:
 $1.60xI+1.80xII+1.80xVII$
 $T2u = 48.26 \text{ kN}$
 $T3u = 0.29 \text{ kN}$
 $M1u = 0.00 \text{ kN}$

$\epsilon_b/\epsilon_a = -0.374/10.000\%$
 $Aa1 = 0.33 \text{ cm}^2$
 $Aa2 = 1.28 \text{ cm}^2$
 $Aa3 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa4 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa,uz = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{m}=2)$
 $\tau_y = 0.19 \text{ MPa} < \text{tr}, \text{tr} = 1.10 \text{ MPa}$
 Procenat animiranja: 0,71%

Greda 6-79

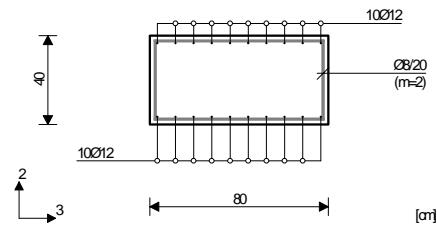
PBAB 87

MB 30

GA 240/360

Kompletna šema opterećenja

Presek 3-3 x=2.95m



Merodavna kombinacija za savijanje:
 $1.60xI+1.80xII+1.80xV$
 $N1u = -1.87 \text{ kN}$
 $M2u = 0.00 \text{ kNm}$
 $M3u = -14.86 \text{ kNm}$

Merodavna kombinacija za smicanje:

$1.60xI+1.80xII+1.80xVIII+1.80xIX$

$T2u = 22.11 \text{ kN}$

$T3u = 0.17 \text{ kN}$

$M1u = 0.00 \text{ kN}$

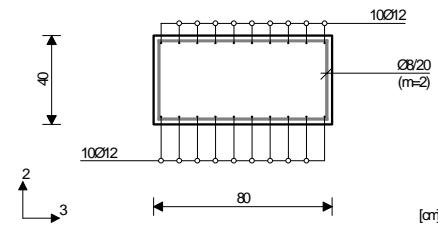
$\epsilon_b/\epsilon_a = -0.401/10.000\%$

$Aa1 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa2 = 1.73 \text{ cm}^2$
 $Aa3 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa4 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa,uz = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{m}=2)$

$\tau_y = 0.09 \text{ MPa} < \text{tr}, \text{tr} = 1.10 \text{ MPa}$

Procenat animiranja: 0,71%

Presek 4-4 x=6.63m



Merodavna kombinacija za savijanje::

$1.60xI+1.80xII+1.80xV+1.80xIX$

$N1u = -0.34 \text{ kN}$

$M2u = 0.00 \text{ kNm}$

$M3u = -53.66 \text{ kNm}$

Merodavna kombinacija za smicanje:

$1.00xI+1.80xII+1.80xV+1.80xIX$

$T2u = -60.87 \text{ kN}$

$T3u = -0.49 \text{ kN}$

$M1u = 0.00 \text{ kN}$

$\epsilon_b/\epsilon_a = -0.805/10.000\%$

$Aa1 = 6.37 \text{ cm}^2$
 $Aa2 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa3 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa4 = 0.00 \text{ cm}^2$
 $Aa,uz = 0.00 \text{ cm}^2/\text{m} (\text{m}=2)$

$\tau_y = 0.23 \text{ MPa} < \text{tr}, \text{tr} = 1.10 \text{ MPa}$

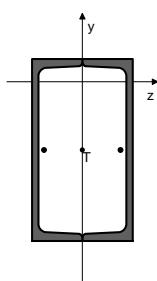
Procenat animiranja: 0,71%

ŠTAP 145-42

POPREČNI PRESEK :2[400

JUS

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



Ax=	183.00 cm ²
Ay=	112.08 cm ²
Az=	70.920 cm ²
Iz=	40700 cm ⁴
Iy=	14451 cm ⁴
Ix=	163.20 cm ⁴
Wz=	2035.0 cm ³
Wy=	1313.7 cm ³

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

- | | | |
|-------------|------------|------------|
| 11. y=1.01 | 14. y=0.89 | 19. y=0,89 |
| 13. y= 0.89 | 16. y=0.86 | 22. y=0.79 |
| 21. y=0.78 | 15. y=0.76 | 24. y=0.76 |
| 12. y=0.75 | 23. y=0.67 | 20. y=0.66 |
| 10. y=0.11 | 18. y=0.09 | 17. y=0.09 |

KONTROLA DEFORMACIJA

Maksimalan ugib štapa	u=	35.063 mm
(slučaj opterećenja 11, na 605.3 cm od početka štapa)		

SLUČAJ OPTEREĆENJA: 11

FAKTOR SIGURNOSTI: 1,50

DOPUŠTENI NAPON: 16.00

MERODAVNI UTICAJ (na 605.3cm od početka štapa)

Računarska normalna sila	N=	-1.176 N
Momenat savijanja oko z ose	Mz=	328.54 kNm
Momenat savijanja oko y ose	My=	0.301 kNm
Transverzalna sila u z pravcu	Tz=	-0.359 kN
Transverzalna sila u y pravcu	Ty=	-2.329 kN
Sistemska dužina štapa	L=	1188.0 cm
Dužina izvijanja oko z ose	Ii,z=	1188.0 cm
Dužina izvijanja oko y ose	Ii,y=	100.00 cm
Kriva izvijanja za z osu C		
Kriva izvijanja za y osu C		

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU

KONTROLA STAB.PRI.EKSC.PRITISKU JUS U.E7.096

Poluprečnik inercije	i,z=	14.913 cm
Poluprečnik inercije	i,y=	8.886 cm
Vitkost	λz=	79.661
Vitkost	λy=	11.253

Relativna vitkost	$\lambda'z=$	0.857
Relativna vitkost	$\lambda'y=$	0.121
Relativni napon	$\sigma=$	0.000
Koef.zavisan od oblika Mz	$\beta=$	1.000
Bezdimenzionalni koeficijent	$k,z=$	0.626
Bezdimenzionalni koeficijent	$k,y=$	1.000
Koeficijent povećanja uticaja	$Kmz=$	1.000
Koeficijent povećanja uticaja	$Kmy=$	1.000
Uticaj ukupne imperfekc.štapa	$Knz=$	1.322
Uticaj ukupne imperfekc.štapa	$Kny=$	1.000
Koef.povećanja ut. od b.i	$\theta=$	1.000
Normalni napon od N	$\sigma(N)=$	0.006 kN/cm ²
Normalni napon od Mz	$\sigma(Mz)=$	16.145 kN/cm ²
Normalni napon od My	$\sigma(My)=$	0.023 kN/cm ²
Maksimalan napon	$\sigma_{max}=$	16.181 kN/cm ²
Dopušteni napon	$\sigma_{dop}=$	16.000 kN/cm ²

Kontrola napona: $\sigma_{max} > \sigma_{dop}$

Prekoračenje 1.1%<=3%

SLUČAJ OPTEREĆENJA: 12

FAKTOR SIGURNOSTI: 1.50

MERODAVNI UTICAJ (kraj štapa)

Računaska normalna sila	N=	-0.879 kN
Transverzalna sila u z pravcu	Tz=	-1.825 kN
Transverzalna sila u y pravcu	Ty=	11.88 kN
Sistemska dužina štapa	L=	1188.0 cm
Smičući napon	$\tau=$	1.033 kN/cm ²
Dopušteni smičući napon	$\tau_{dop}=$	9.238 kN/cm ²

Kontrola napona: $t \leq t_{dop}$

ŠTAP 81-86

POPREČNI PRESEK: HOP [] 40X40X3

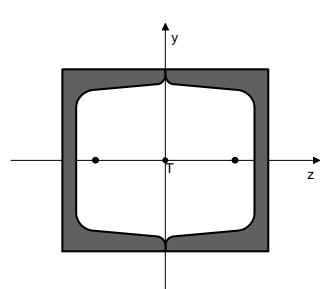
JUS

ŠTAP 123-68

POPREČNI PRESEK: 2[80

JUS

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



Ax=	22.000 cm ²
Ay=	9.200 cm ²
Az=	12.800 cm ²
Iz=	212.00 cm ⁴
Iy=	243.45 cm ⁴
Ix=	4.320 cm ⁴
Wz=	53.000 cm ³
Wy=	54.101 cm ³

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

17. y=0.66	22. y=0.61	24. y=0,61
23. y= 0.61	21. y=0.60	19. y=0.60
20. y=0.59	18. y=0.59	11. y=0.57
13. y=0.47	14. y=0.40	12. y=0.40
16. y=0.38	15. y=0.35	10. y=0.04

KONTROLA DEFORMACIJA

Maksimalan ugib štapa u= 34.970 mm
 (slučaj opterećenja 14, na 275,0 cm od početka štapa)

SLUČAJ OPTEREĆENJA: 17

FAKTOR SIGURNOSTI: 1,50

DOPUŠTENI NAPON: 16.00

MERODAVNI UTICAJ (na 55.0cm od početka štapa)

Računarska normalna sila	N=	3.960 N
Momenat savijanja oko z ose	Mz=	-5.285 kNm
Momenat savijanja oko y ose	My=	-0.223 kNm
Transverzalna sila u z pravcu	Tz=	0.404 kN
Transverzalna sila u y pravcu	Ty=	-4.365 kN
Sistemska dužina štapa	L=	605.00 cm

ŠTAP IZLOŽEN ZATEZANJU I SAVIJANJU

Normalni napon	$\sigma_{\text{max}} =$	10.563 kN/cm ²
Dopušteni napon	$\sigma_{\text{dop}} =$	16.000 kN/cm ²

Kontrola napona: $\sigma_{\text{max}} \leq \sigma_{\text{dop}}$

SLUČAJ OPTEREĆENJA: 11

FAKTOR SIGURNOSTI: 1,50

DOPUŠTENI NAPON: 16.00

MERODAVNI UTICAJ (na 275.0cm od početka štapa)

Računarska normalna sila	N=	0.004 N
Momenat savijanja oko z ose	Mz=	0.903 kNm
Momenat savijanja oko y ose	My=	-0.180 kNm
Transverzalna sila u z pravcu	Tz=	0.327 kN
Transverzalna sila u y pravcu	Ty=	-11.689 kN
Sistemska dužina štapa	L=	605.00 cm
Smičući napon	$\tau =$	1.296 kN/cm ²
Dopušteni smičući napon =	$\tau_{\text{dop}} =$	9.238 kN/cm ²

Kontrola napona: $\tau \leq \tau_{\text{dop}}$

Prikaz rezultata predračuna

ZAKLJUČAK

Izbor tehničkog rešenja određen je potrebama investitora. Gredni nosači velikog raspona i velikog opterećenja uslovili su izbor čeličnih nosača kutijastog preseka kao optimalnog rešenja zbog manje sopstvene težine u odnosu na betonske nosače i potrebe da se obezbedi dovoljna stabilnost pritisnutog pojasa nosača, te da

se izbegne oštećenje nosača usled udara materijala pri prolasku kroz rešetku.

LITERATURA

- [1] Dragan Buđevac i Bratislav Stipanić: "Metalne konstrukcije", univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu
- [2] Branko Zarić, Bratislav Stipanić i Dragan Buđevac: "Čelične konstrukcije u građevinarstvu", univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1989
- [3] Živorad Radosavljević: „Armirani beton“ knjiga 1, univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1990
- [4] Živorad Radosavljević: „Armirani beton“ knjiga 1, univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1990
- [5] Živorad Radosavljević: „Armirani beton“ knjiga 2-teorija graničnih stanja, univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1990
- [6] Živorad Radosavljević: „Armirani beton“ knjiga 3-elementi armirano-betonskih, univerzitetski udžbenik; Univerzitet u Beogradu; 1990

UDK: 622.271:504.06(045)=861

Ružica Lekovski, Miomir Mikić*, Mirjana Martinović***

**ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE OD UTICAJA ODLAGALIŠTA
JALOVINE POVRŠINSKOG KOPA KVARNIH PEŠČARA
"DEO", DONJA BELA REKA**

**ENVIRONMENTAL PROTECTION AGAINST THE INFLUENCE
OF QUARTZ SANDSTONE TAILING DUMP PART
DONJA BELA REKA**

Izvod

Kvarcni peščar kao nemetalična sirovina, pored primene u staklarskoj industriji, koristi se i u topionici bakra u Boru kao topitelj. Racionalno korišćenje sirovina iz ležišta jedan je od važnih činilaca pri eksploataciji, ali i zaštita životne sredine. Ugrožavanje životne sredine u Donjoj Beloj Reci agresivnom SiO_2 prašinom nastaje za vreme sušnog perioda kada vetar sa površine odlagališta podiže prašinu. Štetnost od lebdeće prašine se ogleda u njenoj agresivnosti na respiratorne organe ljudi. Dopuštena koncentracija prašine u okolini odlagališta određena je na osnovu hemijske analize srednjeg sadržaja SiO_2 u kvarčnom peščaru (0,92,78%) i iznosi $0,105 \text{ mg/m}^3$. Najefikasniji način zaštite od podizanja prašine vетrom sa odlagališta jalovine je eurekultivacija odlagališta.

Ključne reči: zaštita životne sredine, odlagalište jalovine, prašina, eurekultivacija

Abstract

Nonmetallic raw material quartz sandstone in addition to their application in the glass industry has been applied in Bor's cooper smeltery as smelter. Rational use of raw materials from the ore deposit is one of the important factors in the exploitation and protection of the environment. Wind raises dust, aggressive SiO_2 , from tailing dump surface during dry spell which effect environment of near village Donja Bela Reka. The flying dust has bad effects on people health especially on respiratory organs. Allowed dust concentration near tailings is $0,105 \text{ mg/m}^3$ which have been determent by chemical analysis of SiO_2 medium content in quartz sandstone. The most effective way to protect the wind raising dust from tailings is reclamination of tailing dump.

Key words: environment protection, tailings, dust, reclamination

* IRM Bor

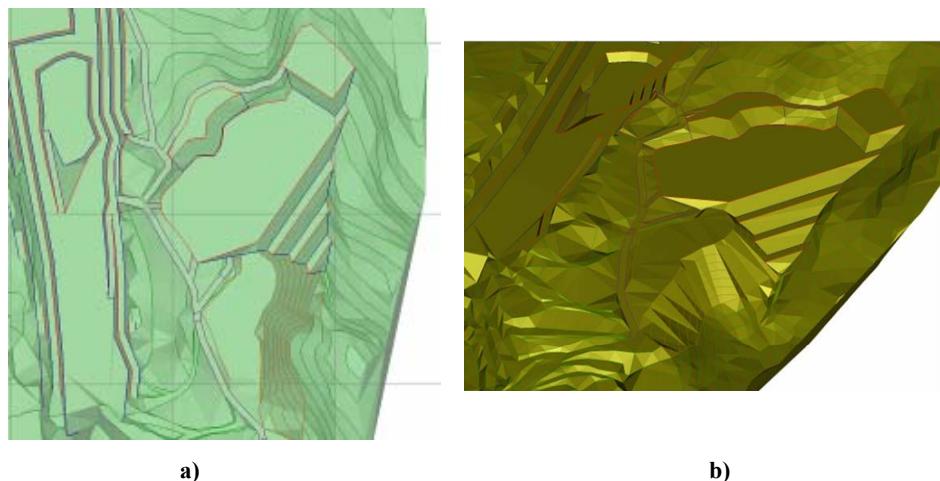
** RBB Bor

UVOD

Ležište kvarcnih peščara „Deo“ Donja Bela Reka, udaljeno je oko 18 km od Bora i teritorijalno pripada Opštini Bor i eksploatiše se od 1978. godine. Detaljna geološka istraživanja kvarcnih peščara ležišta “DEO” - Donja Bela Reka, vršena su istražnim bušenjem: 1976, 1978. i 1985. god. S obzirom na to da je ležište otvoreno na dužini od jednog kilometra, a da po dubini nije do kraja istraženo niti eksploatisano, jalovina se odlaže na spoljašnjem odlagalištu, u prirodnoj uvali neposredno do površinskog kopa.

OPIS FORMIRANJA ODLAGALIŠTA

Odlagalište se formira po nivoima u vidu etaža. Prvo se odlaže po najnižem nivou, zatim se ostavlja zaštitna etažna ravan širine 10 m i počinje se sa formiranjem sledeće etaže (nivoa) visine 10 m i tako suksesivno, dok se jalovinom ne popuni predviđeni prostor za odlaganje. Jalovina se dovozi na odlagalište kamionima i istresa u gomilama 10-15 m od gornje ivice kosine. Planiranje (niveleštanje) jalovine obavlja se buldozerom, pregr-ravanjem materijala niz kosinu odlagališta. Izgled odlagališta jalovine u 2D i 3D prikazan je na slici 1.



Sl. 1. Konačan izgled odlagališta jalovine

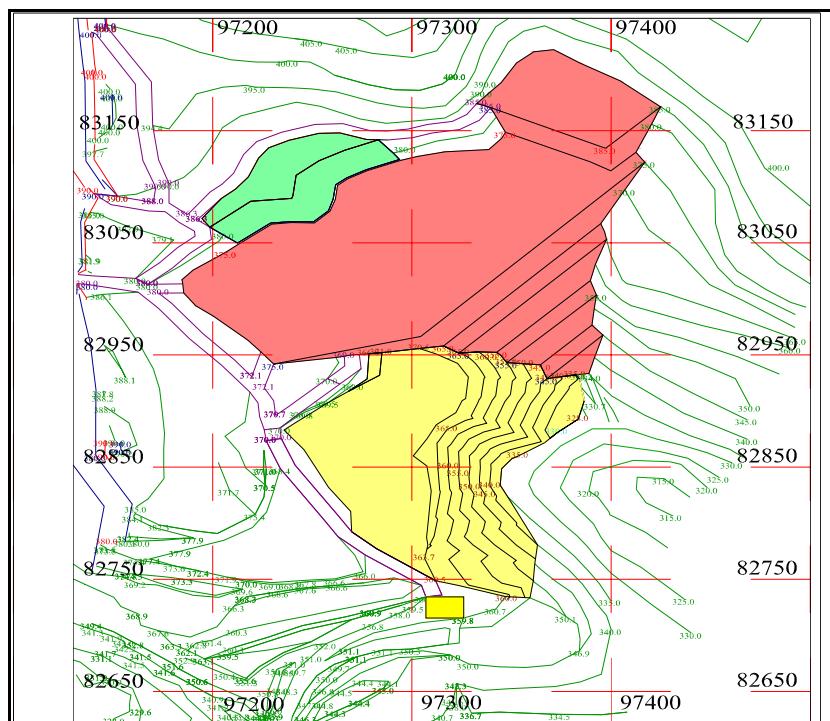
a) u 2D , b) u 3D

Degradirane površine formirane odlaga-

lištem jalovine prikazane su u tabeli 1. i na slici 2.

Tabela 1. Površine odlagališta jalovine

Nivoi mnv	Ravne, m ²	Kose, m ²	Ukupno, m ²
+385	9385,0	11095,0	20480,0
+385/330		1350,0	1350,0
+385	4300,0		4300,0
+385/375		1450,0	1450,0
+375	23450,0		23450,0
+375/365		2780,0	2780,0
+365	1330,0		1330,0
+365/355		1530,0	1530,0
+355	760,0		760,0
+355/345		860,0	860,0
+345	450,0		450,0
+345/334		350,0	350,0
Σ	39675,0	19415,0	59090,0



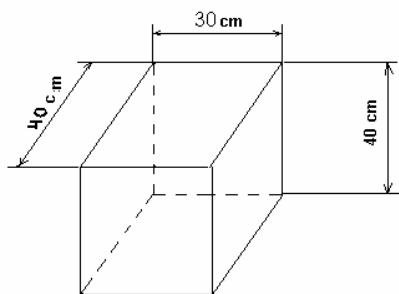
Sl. 2. Odlagališta jalovine

REKULTIVACIJA ODLAGALIŠTA

Rekultivacija degradiranih površina odlagališta jalovine PK kvarcnih peščara „Deo“, Donja Bela Reka, ima za cilj, pre svega, **zaštitu životne sredine**, a zatim poboljšavanje estetskog izgleda okoline i očuvanje autohtone biljke-drena. Za ozeleđivanje degradiranih površina odlagališta jalovine predlaže se korišćenje optimalne rekultivacije-eurekultivacije. Radovi na eurekultivaciji se odvijaju po sledećim fazama:

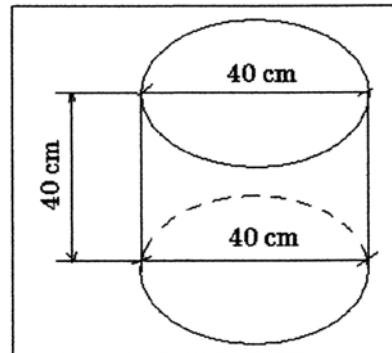
1. Agrotehnička faza eurekultivacije,
2. Tehnička faza eurekultivacije i
3. Biološka faza eurekultivacije.

Degradirane ravne površine odlagališta jalovine koristiće se za podizanje autohtone žbunaste vrste – drena. Broj usvojenih sadnica po hektaru je 625. Između redova sadnica drena, širine 2 m, zasećaće se žuti zvezdan. Na etažnim ravninama i kosini odlagališta sadiće se samo dren. Na ravnim (završnim ravninama) površinama jame za sadnice se kopaju mašinski i oblik jame je pravougaoni (slika 3.).



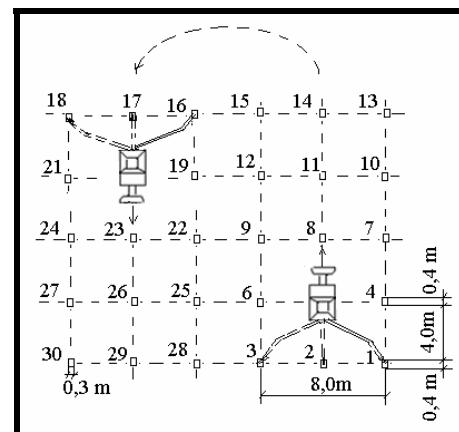
Sli. 3. Pravougaoni oblik jame za sadnice na završnim ravninama odlagališta

Na kosim (kosini) površinama jame za sadnice se kopaju ručno i okruglog su oblika (slika 4.).



Sli. 4. Okrugli oblik jama za sadnice na kosinama odlagališta

Na slici 5. prikazano je, šematski, mašinsko kopanje jama za sadnice na završnim ravnim odlagališta, a na slici 6. mašinsko kopanje jama rovokopačem koji se fiksira tako da iz jednog položaja iskopa tri jame.

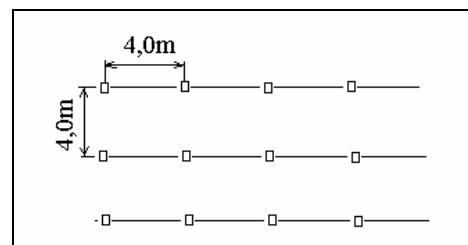


Sli. 5. Šematski raspored kretanja rovokopača pri kopanju jama za sadnice

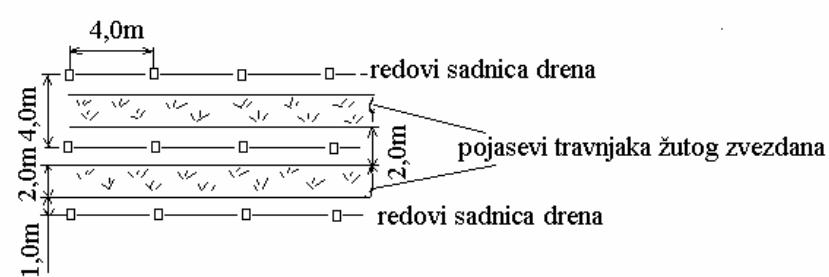


Sl. 6. Mašinsko kopanje jama za sadnice na terenu

Šema podizanja zasada drena i naizmeničnih pojaseva travnjaka na završnim ravnima odlagališta data je na slikama 5. i 6. Prvo se po datoј šemi kopaju mašinski jame za sadnice (slika 7), a zatim se između zasađenih redova drena pristupa setvi travnjaka žutog zvezdana u pojasevima širine 2 m i dužine završne ravni odlagališta, slika 8.



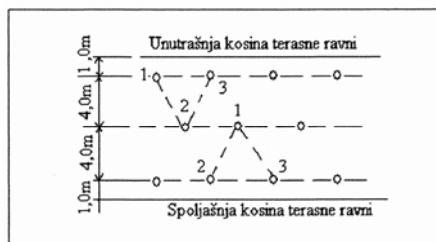
Sl. 7. Šema kopanja jama za sadnice drena na završnim ravnima odlagališta



Sl. 8. Šematski prikaz podizanja zasada drena i naizmeničnih pojaseva travnjaka žutog zvezdana

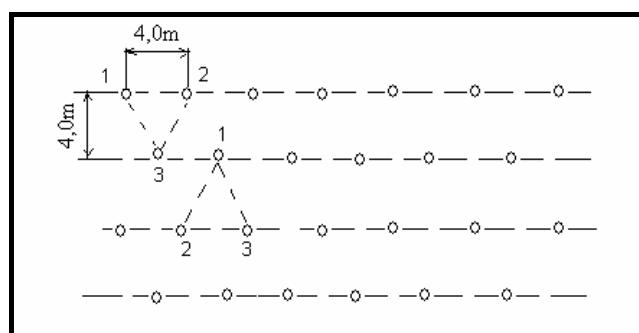
Ukupan broj pojaseva žutog zvezdana na odlagalištu jalovine iznosi oko 58. Ukupna površina koja će biti zasejana žutim zvezdanom je oko 14260,0 m². Podizanje travnjaka (žutog zvezdana) posle sadnje sadnica drena ima za cilj stabilizaciju nasutog humusa, obogaćivanje zemljišta azotom i zaštitu životne sredine od eolske erozije.

Šema kopanja jama u cilju podizanja zasada drena na etažnim ravnima odlagališta jalovine prikazana je na slici 9.



Sl. 9. Šema kopanja jama u cilju podizanja zasada drena na etažnim ravnima odlagališta jalovine

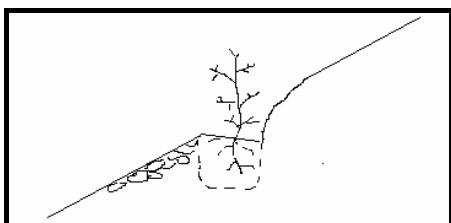
Na kosini odlagališta sadnja se obavlja po trougaonoj šemi sa razmakom sadnica od 4,0 m (slika 10). Trugaona šema pri sadnji drena na kosini odlagališta se koristi kako bi se smanjila vodena erozija bolje zaštitala životna sredina.



Sl. 10. Šema kopanja jama na kosini odlagališta u cilju podizanja zasada drena

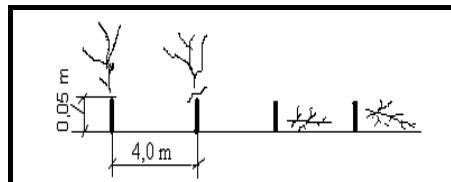
Jame se kopaju direktno u jalovini, prečnika su 40cm i dubine 40 cm. Iz iskopanog supstrata sav krupniji materijal se sklanja i slaze u vidu suvozida na donjoj ivici jame (slika 11) i ima ulogu da spreči odnošenje zemlje iz jame za vreme jakih kiša. Ugao kontrapada iznosi 10%. Jame se zapunjaju humusom kako bi došlo do što boljeg prijema sadnica, njihovog razvoja i daljeg opstanka. Takođe, posle sadnje sadnica

dodata se mineralno NPK đubrivo i to 100 g/sad.



Sl. 11. Sadnja sadnica na kosini odlagališta jalovine

Posle sadnje, vrši se „čipovanje“ sadnica (skraćivanje do 5 cm iznad zemlje) kao na slici 12.



Sl. 12. Čipovanje (skraćivanje) sadnica

TROŠKOVI EUREKULTIVACIJE

1. Troškovi eurekultivacije po dinamici izvođenja i površinama odlagališta prikazani su u tabeli 2.

Tabela 2. Troškovi po fazama eurekultivacije, dinamici izvođenja i površinama odlagališta

Dinamika troškova po godinama rada	Površine za rekultivaciju m ²	Agrotehnička faza eurekultiv. €	Tehnička faza eurekultiv. €	Biološka faza eurekultiv. €	Troškovi nege i zaštite,€	Ukupni troškovi eurekultiv. €
1	20480,0	243,9	1582,35	4056,61	905,74	6788,6
2	38610,0	756,0	2378,25	8546,34	1827,55	13508,14
Svega	59090,0	999,9	3960,60	12602,95	2733,29	20296,74

2. Troškovi stručnog nadzora i ostali troškovi eurekultivacije prikazani su u tabeli 3.

Tabela 3. Troškovi stručnog nadzora i ostali troškovi eurekultivacije

Izrada tehničke dokumentacije	5000,0 €
Stručni nadzor i kontrola	3000,0 €
Angažovanje servisnog vozila	300,0 €
Angažovanje traktora za prevoz humusa i ostale poslove	520,0 €
Angažovanje autocisterne sa vodom za polivanje sadnica pri sadnji i orošavanje pojaseva travnjaka.pri setvi	6500,0 €
Angažovanje autocisterne sa vodom za održavanje zasada i pojaseva travnjaka za vreme sušnog letnjeg perioda	9540,0 €
Neplanirani troškovi	2000,0 €
Σ	26860,0 €

3. Ukupni troškovi eurekultivacije:

$$T_u = 20296,74 + 26860 = 47156,74 \text{ €}$$

4. Cena eurekultivacije

- Ukupna cena eurekultivacije po hektaru iznosi: $C = 8167,08 \text{ €/ha}$
- Ukupna cena eurekultivacije po m^2 je: $C = 0,816 \text{ €/m}^2$

ZAKLJUČAK

Podizanje zasada drena i pojaseva žutog zvezdana između redova na odlagalištu jalovine PK kvarcnog peščara „DEO“, Donja Bela Reka, doprinosi ozelenjavanju odlagališta jalovine, očuvanju autohtone biljke (dren), poboljšanju azota u zemljištu (žuti zvezdan) i zaštiti životne sredine od eolske i vodene erozije. Efekti eurekultivacije ogledaju se i u tome da: zasadi drena na degradiranim površinama omogućavaju bolje vezivanje supstrata i stabilizaciju kosine

odlagališta. Dren je žbunasta biljka koja raste i do 8,0 m, ima žute medonosne cvetove za pčele. Plodovi drenjine su jestivi i mogu da se konzumiraju sirovili ili prerađeni u voćni sok, kompot, slatko, džem, liker. Opare (tanini) i poliuronske (pektini) materije povoljno deluju na zdravlje ljudi, zbog čega se koriste i kao lek. Sličnog je dejstva i kora drena. Zasadene sadnice na degradiranim površinama korenovim sistemom stimulišu razvoj prizemne flore i doprinose aktiviranju pedoloških procesa u supstratu, sprečavaju insolaciju i sušenje tla, čime poboljšavaju mikroklimu i estetski izgled okoline.

LITERATURA:

- [1] DPR Otkopavanja kvarcnih peščara ležišta „Deo“, Donja Bela Reka, IRM Bor, 2008 god.
- [2] Prof.dr Miodrag Miljković, dr Zoran Stojković, Uticaj površinske eksploatacije ruda metala na ekološke faktore životne okoline, Bor, 1998. god.

UDK: 622.272:622.33(045)=861

Zlatko Dragosavljević, Miodrag Denić*, Mirko Ivković**

**STRATEGIJA RAZVOJA PODZEMNIH RUDNIKA UGLJA
U SRBIJI U OKVIRU RAZVOJA UGLJENIH BASENA SA
POVRŠINSKOM EKSPLOATACIJOM**

**STRATEGY OF UNDERGROUND MINES DEVELOPING IN SERBIA
IN THE FRAME OF DEVELOPING OF COAL MINES BASINS
WITH GROUND EXPLOITATION**

Izvod

Mogućnost povećanja korišćenja sopstvenih resursa čvrstog energetskog goriva u procesu riješenja energetske krize koja je veoma izražena na našim prostorima, jeste pravi izazov za rudarsku nauku. Poznata je činjenica da su najveći resursi energetskih izvora u Srbiji upravo čvrsta fosilna goriva, a siguran energetski izvor je samo onaj koji potiče iz sopstvenih energetskih resursa.

Ključne reči: rudarstvo, strategija, ugalj, eksploatacija

Abstract

Possibility of increasing our own resources of solid energetic fuel in the process of solving energetic crises, which is very broad in our region, is really right challenge for mining profession. It is well-known fact that solid fossil fuels are the biggest resources of energetic sources in Serbia, and also a save energetic source is only one which belongs from the own energetic resources.

Keywords: Mining, strategy, coal, exploitation

UVOD

Međunarodno savetovanje STRATEGIJA RAZVOJA RUDARSKOG BASENA UGLJA u organizaciji Jugoslovenskog komiteta za površinsku eksploataciju Saveza inženjera rudarstva i geologije Srbije, Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, Elektroprivrede Srbije, Elektroprivrede Republike Srpske, Elektroprivrede Crne Gore, EFT-Stanari i Ministarstva rudarstva i energetike Republike Srbije, održano je 05. i 06. marta 2009. godine u Banji Vrujci. U okviru Savetovanja izloženo je jedanaest radova po

pozivu, na temu strateškog razvoja basena uglja Srbije, Republike Srpske, Crne Gore, strategije razvoja JP Podzemna eksploatacija uglja, koje upravlja rudnicima sa podzemnom eksploatacijom uglja u Srbiji. Značajno je istaći da su radovima predstavljeni svi baseni uglja sa prostora Srbije, Republike Srpske i Crne Gore i da su izlagani od strane menadžmenta preduzeća, koji su ujedno i njihovi autori.

Povremene svetske energetske krize teško nas pogadaju upravo zbog nedostatka prave strategije u energetskoj politici države. Industrijski razvijene zemlje sveta,

* JP PEU Resavica

pa i one koje poseduju bilo kakve energetske sirovinske potencijale, redovno ih istražuju i ažurno bilansiraju, pogotovo ako se radi o neobnovljivim energetskim sirovinama kao što su fosilna goriva.

Naša privredna politika nije imala pravi pristup razrešenju globalnih energetskih kriza koje su izazvale dugogodišnje recesije zemalja u razvoju. Već kod prve energetske krize svetskih razmera (1965. god.) u momentu kada industrija uglja dostiže maksimum u svom proizvodnom razvoju, država napušta do tada ozbiljnu

brigu o razvoju energetike, i to upravo kada 1964. godine dostiže svoj maksimum u proizvodnji uglja putem podzemne eksploatacije od oko 3.850.000 tona.

2. RESURSI ZA RAZVOJ PODZEMNIH RUDNIKA U SRBIJI

Stanje geoloških i eksploatacionih rezervi uglja u aktivnim rudnicima sa podzemnom eksploatacijom, na dan 31. decembar 2007. godine, prikazano je u tabeli 1.

Tabela 1. Stanje geoloških i eksploatacionih rezervi u aktivnim rudnicima

Rudnik / ležište	Geološke rezerve (bilansne), t				Gubi ci (%)	Eksploatacione rezerve, t
	A	B	C1	A+B+C1		
Vrška Čuka	39.970	687.370	779.560	1.506.900	5	1.431.555
Ibarski rudnici		2.573.120		2.573.120		2.444.464
Jarando		916.490		916.490	5	870.666
Tadenje		380.360		380.360	5	361.342
Progorelica		1.276.270		1.276.270	5	1.212.457
REMBAS	181.250	1.426.281	4.928.268	6.535.799		4.590.857
Strmosten		751.967	1.758.802	2.510.769	29,5	1.770.092
Jelovac		499.094	774.266	1.273.360	25	955.020
Ravna Reka			1.980.080	1.980.080	35	1.287.052
Senjski rudnik	181.250	175.220	415.120	771.590	25	578.693
Bogovina	93.600	1.364.940	575.200	2.033.740	20	1.626.992
Soko	517.780	15.617.060	41.887.590	58.022.430	34	38.294.804
Jasenovac	101.300	1.084.900		1.186.200	30	830.340
Lubnica	651.910	11.963.010	913.980	13.528.900	25	10.146.675
Štavalj (Centralno polje)	265.000	9.805.000		10.070.000	37	6.344.100
U k u p n o:				95.457.089		59.365.685

Pregled eksploatacionih rezervi i energetski potencijal ležišta rudnika JP

PEU, izražen u GJ i Mtoe, dat je u tabeli 2.

Tabela 2. Eksplotacione rezerve i energetski potencijal ležišta aktivnih rudnika

	Eksplotacione rezerve (t)	DTE (kJ/kg)	GJ	Mtoe 1 toe=41,868 GJ
Vrška Čuka	1.431.555	29.370	42.044.770	1.004.222
Ibarski rudnici	2.444.464		36.506.465	871.942
Jarando	870.666	17.600	15.323.713	366.001
Tadenje	361.342	20.535	7.420.158	177.227
Progorelica	1.212.457	11.351	13.762.594	328.714
REMBAS	4.590.857		76.773.967	1.833.715
Strmosten	1.770.092	17.680	31.295.229	747.474
Jelovac	955.020	19.026	18.170.211	433.988
Ravna Reka	1.287.052	12.541	16.140.919	385.519
Senjski Rudnik	578.693	19.298	11.167.608	266.734
Bogovina	1.626.992	19.026	30.955.150	739.351
Soko	38.294.804	18.239	698.458.927	16.682.405
Jasenovac	830.340	16.057	13.332.769	318.448
Lubnica	10.146.675	14.349	145.594.640	3.477.468
Štavalj (Centralno Polje)	6.344.100	12.541	79.561.358	1.900.290
Ukupno:	59.365.687		1.123.228.046	26.827.841

Kada bi ukupnu energetsku vrednost eksplotacionih rezervi uglja iz aktivnih ležišta, iskazanu kroz GJ, pomnožili sa jediničnom cenom uglja koji (kada se iskopa i preradi) iznosi 1,75 EU/GJ onda bi ukupna vrednost prirodnog kapitala iz aktivnih ležišta izračunata po ovoj metodologiji iznosila oko dve milijarde EU.

Ovde treba napomenuti da se bilansne rezerve uglja u ležištima Srbije, koje se mogu otkopati podzemnom eksplotacijom, procenjuju na oko 860 miliona tona, što se može videti iz naredne tabele.

Tabela 3.

Ležište	Bilansne rezerve uglja (t)
Aktivni rudnici	95.000.000
Štavalj (bez centralnog polja)	180.000.000
Ćirikovac (preostale rezerve)	120.000.000
Poljana	60.000.000
Melnica	40.000.000
Mala ležišta	365.000.000
Ukupno:	860.000.000

Po prethodno primenjenoj metodologiji obračuna ukupna vrednost prirodnog kapi-

tala u ležištima koja se mogu otkopati iznosi oko 25 milijardi EU.

Tržište uglja u sektorima industrija i široka potrošnja u Srbiji snabdeva se iz četiri izvora: JP EPS, JP PEU, Rudnik Kovin i iz uvoza.

JP EPS na tržišta industrije i široke potrošnje plasira sušeni lignit (iz sušare u Vreocima) i sirovi lignit (sa površinskih kopova Kolubare i Kostolca). Ukupan kapacitet sušare u Vreocima je oko 620.000 t sušenog lignita godišnje, koji se plasira sektorima industrije i široke potrošnje. Plasman sirovog lignita, direktno na tržišta industrije i široke potrošnje, u 2006. godini je bio 1,17 mil. tona, a u 2007. godini 0,92 mil. tona. Tako je JP EPS, u 2006. g., tržištima industrije i široke potrošnje isporučio 1,79 mil. tona sušenog i sirovog lignita, dok je u 2007. godini ovaj plasman bio 1,54 mil. tona.

Mil. t	Sušeni lignit	Sirovi lignit	Ukupno
2006	0,62	1,17	1,79
2007	0,62	0,92	1,54
2008	0,62	1,10	1,72

Tabela 4. Plasmani JP PEU u TE Morava i ostale sektore

	2006. (t)		2007. (t)		2008. (t)	
	TE Morava	Ostali sektori	TE Morava	Ostali sektori	TE Morava	Ostali sektori
JP PEU	118.394	340.578	106.817	384.490	150.188	338.269

Ostvaren uvoz uglja za 2006., 2007. i prvih osam meseci 2008. godine prikazan je u tabeli 5. (Uprava Carine RS). Podatak koji je značajan za ovu analizu odnosi se na uvoz kamenog i mrkog uglja.

Tabela 5. Ostvaren uvoz uglja u 2006., 2007. i u prvih osam meseci 2008. godine

	2006. (t)	2007. (t)	2008.(t) (projekcija)
Kameni i mrki ugalj	510.545	532.952	>400.000

Na osnovu ovih podataka može se proceniti tržište kvalitetnih vrste uglja u Srbiji (tabela 6), koje praktično obuhvata sve plasmane, osim u sektor termoelektrana. Ovakav pristup je usvojen pošto je procenjeno da se na ovaj način može odrediti ciljno tržište rudnika JP PEU.

Tabela 6. Tržište kvalitetnih ugljeva u Srbiji (u milionima tona)

	JP EPS	JP PEU	Rudnik Kovin	Uvoz	Ukupno
2006.	1,79	0,34	0,17	0,51	2,81
2007.	1,54	0,38	0,20	0,53	2,70
2008.	1,72	0,34	0,20 ¹⁾	>0,40 ¹⁾	2,66¹⁾

3. PROGRAMI MODERNIZACIJE I REVITALIZACIJE POSTOJEĆIH KAPACITETA ZA PROIZVODNJU UGLJA PODZEMNIM SISTEMOM

Programi i projekti modernizacije i revitalizacije postojećih kapaciteta za proizvodnju uglja iz rudnika sa podzemnom eksploatacijom, kao i programi obnavljanja rezervi uglja u proteklom periodu praktično nisu rađeni. Samo jedan program, u Prvom-osnovnom programu prioriteta Strategije (Prioritet tehnološkog

kontinuiteta), odnosi se na JP PEU – "Uvođenje nove tehnologije otkopavanja za PEU i 'gašenje' neperspektivnih rudnika PEU". Efekat ovog programa, odnosno njegov cilj je da se do 2015. godine sektorima industrije i opšte potrošnje obezbedi 1,5 Mt kvalitetnog uglja. Za reaktivaciju ovog programa predviđena su ulaganja od 65 mil. €.

Prema geološkim potencijalima uglja, mogućnosti mehanizovanja sistema eksploracije, infrastrukturi i tržištu, moguća proizvodnja uglja iz podzemne eksploatacije u narednom periodu može se očekivati prema sledećoj dinamici:

Tabela 7. Projekcija proizvodnje rudnika JP PEU do 2012. godine

Proizvodnja po rudnicima (t/god)	2009.	2010.	2011.	2012.
Vrška Čuka	10.000	-	-	-
Ibarski rudnici	60.000	120.000	120.000	150.000
REMBAS	150.000	150.000	220.000	250.000
Soko	108.000	170.000	220.000	300.000
Jasenovac	54.000	60.000	60.000	60.000
Bogovina	33.000	40.000	40.000	40.000
Štavalj	74.000	85.000	100.000	100.000
Lubnica	66.000	100.000	100.000	235.000
JP PEU	555.000	725.000	860.000	1.135.000

Da bi se ostvarila ovakva proizvodnja neophodno je imati i visokoproduktivnu mehanizaciju koja, pored izuzetno visokih učinaka i velike produktivnosti, stvara uslove i za bezbedniji, efikasniji, pouzdaniji i humaniji rad, a predviđa se u sledećim rudnicima: REMBAS - jama Strmosten, Soko, Lubnica i Štavalj.

U svakom slučaju, kroz različite modalitete podsticaja treba obezbediti potrebna sredstva i dodatna ulaganja u mode-

rniciju i podizanje proizvodnje u rudnicima uglja sa podzemnom eksploatacijom. Rastom cena energije na svetskom tržištu ugalj ponovo dobija na značaju, a svako povećanje domaće proizvodnje primarne energije ima direktni uticaj na smanjenje ukupnog deficit-a Republike Srbije.

Pored navedenih rudnika uglja, u Srbiji je u manjoj ili većoj meri istraženo preko 25 lokaliteta koji mogu biti predmet kompleksne tehničko-ekonomiske analize sa realnim očekivanjem da veći broj može dati pozitivne efekte u proizvodnji uglja. Činjenica da postoje tehnologije sagorenja koje omogućavaju ekonomično i ekološki prihvatljivo korišćenje uglja sa visokim procentom pepela (do 60%), vlage (do 60%), sumpora, otvara šire mogućnosti za izbor metoda i tehnologija podzemne eksploatacije koje omogućavaju znatno niže troškove proizvodnje.

U tabeli 8. prikazani su potencijalni malih ležišta (Jerma, Rtanj, Dragačevski basen, Zapadnomoravski basen, Despotovački basen i dr.) od kojih je veći deo pogodan za podzemnu eksploataciju.

Tabela 8. Uкупne rezerve malih ležišta uglja Srbije

Vrsta uglja	Rezerve (mil tona)			
	Bilansne	Vanbilansne	Potencijalne	Geološke
Antracit	1.51	-	-	1.51
Kameni	16.19	1.26	27.75	17.45
Mrki	119.21	20.91	6.4	140.12
Mrko-lignitski	228.55	62.49	29.92	291.04
Ukupno ugalj	365.46	84.66	64.07	450.12

Imajući u vidu zahteve za potrebnim kapacitetom proizvodnje uglja i za primenom savremene mehanizovane tehnologije podzemne eksploatacije, s jedne strane, kao i geološke rezerve, geomehaničke karakteristike krovine i podine ugljenih slo-eva, kvalitet uglja, s druge strane, u cilju objektivnijeg sagledavanja mogućnosti podzemne eksploatacije ležišta uglja iz rudnika koji su navedeni kao zamenski kapaciteti, potrebno je, nakon rezultata predmetne analize, preduzeti sledeće aktivnosti:

- izraditi potrebnu geološku dokumentaciju i izvršiti doistraživanje ležišta u smislu prevođenja potencijalnih C₂ rezervi u bilansne kategorije, odnosno uraditi ili inovirati elaborate o rezervama;
- izvršiti dodatna geofizička ispitivanja u funkciji definisanja seizmo-tektonskih uslova;
- pristupiti izradi studije izvodljivosti podzemne eksploatacije preostalih rezervi uglja u ležištu;
- izvršiti tehnološke, poluindustrijske i ostale probe po pitanju otkopavanja, prerađe i korišćenja uglja;
- izraditi analize uticaja na životnu sredinu eksploatacije i korišćenja uglja iz dotičnih ležišta;
- pribaviti potrebnu dokumentaciju (projekti, različite analize) predviđenu zakonom.

4. STRATEŠKI PRAVCI RAZVOJA JP PEU RESAVICA

Osnovna vizija JP PEU Resavica predstavlja dugoročni pogled na svet rada, svet tehnologija i razvoja, svet položaja čoveka u i izvan procesa rada. JP PEU Resavica razvija sve strateške i operativne programe sa osnovnim ciljem liderstva u oblasti podzemne eksploatacije uglja na Balkanu i ubrzanoj i ravnomernog učešća u međunarodnoj zajednici na osnovu raspoloživih resursa.

Misija JP PEU Resavica jeste isplativa podzemna eksploatacija uglja koja će učestvovati u podizanju energetskog potencijala naše države i omogućiti kontinuirano, efikasno i isplativo snabdevanje kvalitetnim ugljem.

Osnovne ciljeve JP PEU Resavica moguće je definisati kroz kratkoročne i dugoočne procese.

Kratkoročni ciljevi su:

- Promena organizacione strukture preduzeća;
- Rast proizvodnje za > 10% godišnje;
- Rast produktivnosti za > 10 % godišnje;
- Smanjenje troškova po jedinici proizvoda za > 10 % godišnje;

- Povećanje isporuke uglja TE Morava za > 50 % godišnje;
- Ekonomска политика цене угља; Dugoročni циљеви:
- Стратешко партнерство при изградњи нових термоенергетских објеката TE-TO Štavalj и TE-TO Zaječar i sa TE Morava;
- Значајно пovećanje производње угља;
- Спремнут рад са термоенергетским објектима;
- Отварање нових радних места и ravnomerni regionalni razvoj.

Iz navedenih ciljeva jasno se definiše proces reforme подземне експлоатације угља, односно, реформе је потребно обавити према новој стратегији која би за основу имала стратешке циљеве. Наиме, нова стратегија подземне експлоатације угља подразумевала би да се у I-oj фази рудници организационо структурирају и оријентишу према потенцијалним стратеским циљевима, а то су TE-TO Štavalj, TE-TO Zaječar i TE Morava-Svilajnac. Затим, да се кроз избор инвеститора за изградњу и ратификацију ових термоенергетских објеката припреме рудници за II-гу фазу стратешког повезивања са овим потрошаčima угља.

На овај начин изградили би се нови термоенергетски објекти дисперговани на простору Србије, што са становишта енергетске безбедности и ефикасности има несумњив значај, а уједно би се омогућио развој рудника који би своје циљеве планирали према потребама ових потрошаča угља.

Овде посебно треба нагласити да би се изградnjом ових термоенергетских објеката, осим развоја рудника, омогућило отварање нових радних места, равномеран регионални развој, заустављање иселјавања људи из области где се налазе рудници, очување вишенационалне структуре на пејтеској висоравни и низ других позитивних ефеката који би резултирали растом броја становника i стандарда становништва на просторима где се налазе рудници.

За остваривање kratkoročnih циљева т.ј. достизање производње од 1,5 miliona тona

do 2015. године, што је и одређено стратегијом развоја енергетике Србије до 2015. године, потребно је уложити око 65 miliona EU. Ова средства била би употребљена за инвестициону изградњу, модернизације технолошких фаза и побољшање сигурности рада.

Неизвисно од ових улагања, за реализацију стратешких, dugoročних циљева подземне експлоатације угља, који се огледају у спремнутом раду са термоенергетским објектима остваривања годишње производње угља од 2,5 do 3,0 miliona тона, потребно је уложити око 200 miliona EU. Овим би се обезбедило виšedecenijsko snabdevanje kvalitetnim vrstama угља i rad ovih потрошаča. Овде треба напоменути да би инвестиционим улагanjem od 260 miliona EU било отvoreno око 300 miliona тона угља, што показује да је коeficijent investicionih ulaganja 0,9 EU po toni.

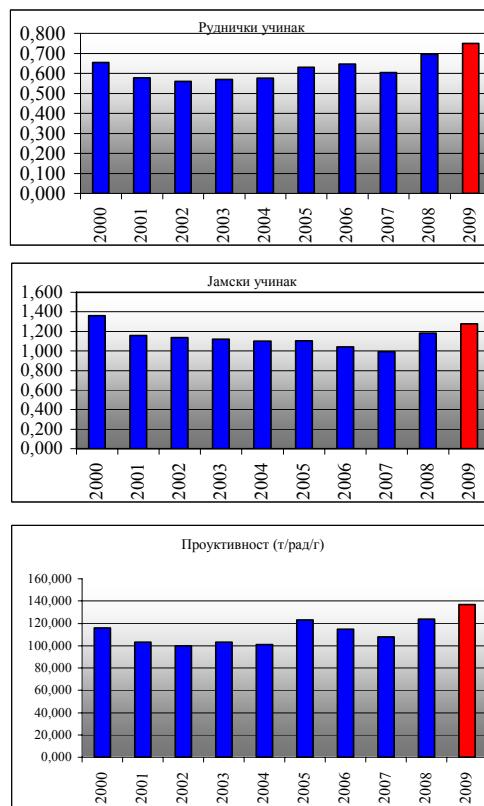
Posebno kratkoročno, а и стратешко пitanje подземне експлоатације угља, као и осталих производа угља u Србији представља пitanje цене угља. Цена угља u Србији од 1990. године представља социјалну категорију, а i данас је цена угља u Србији ниža od цене u земљама окружења i višestruko niža od cena na evropskom tržištu.

Koliko je loša politика цене угља najbolje илуструје пример да се цена угља из JP PEU Resavica nije menjala u periodu 2004-2009. година, dok је u истом периоду угалj u свету poskupeo tri puta. U isto vreme, цене осталих енергеница u најјужнијој земљи su rasle, a посебно je дошло do скока цена основног reproc материјала, па je свестрочно јасно да је nemoguće rentabilno poslovati u uslovima огромних dispariteta cena inputa i autputa.

Da bi JP PEU Resavica могла da остварује планирane циљеве потребно је да се цена угља u kratkom временском периоду usaglasi sa ценама осталих енергеница на бази паритета cena iz 2004. године, a da se zatim promena цене угља usaglašava sa promenama cena električne energije.

5. STVARENI PROIZVODNI PARAMETRI RUDNIKA JP PEU ZA PERIOD 2000-2008 SA PROJEKCIJOM ZA 2009. GODINU

Параметар	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Број запослених	5383	5321	5413	5248	5291	4481	4280	4186	4154
Производња (т/г)	623.230	549.159	540.741	540.658	534.260	551.960	491.503	450.833	513.786
Продала (т/г)	550.582	505.175	477.625	453.910	472.659	496.288	478.427	493.979	489.158
Руд. Наднице	953.004	950.149	965.540	947.381	928.177	876.252	760.052	745.931	739.656
Јамске наднице	457.732	474.752	476.292	481.957	485.542	500.406	472.590	453.934	434.760
Руднички учинак	0,654	0,578	0,560	0,571	0,576	0,630	0,647	0,604	0,695
Јамски учинак	1,362	1,157	1,135	1,122	1,100	1,103	1,040	0,993	1,182
Проуктивност (т/рад/г)	115.777	103.206	99.897	103.022	100.975	123.178	114.837	107.700	123.685



Posmatrajući ležišta uglja, odnosno čvrstih fosilnih goriva (ugalj i uljni škriljci), koja se mogu eksplorativati nekom od metoda podzemnog otkopavanja, može se konstatovati da ovaj resurs, dugoročno, predstavlja veoma respektabilan energetski potencijal, s obzirom na bilansirane rezerve.

Takođe, treba ozbiljno razmisliti o nekom termoenergetskom objektu na

teritoriji Zajecarskog okruga s obzirom na velike rezerve uglja u sokobanjskom i lubničkom basenu uglja, i svakako postojeću "TE Morava" Svilajnac treba snabdevati ugljem iz Rudnika u okruženju (REMBAS, Ibarski rudnici, Jasenovac), gde je ugalj veće kalorične vrednosti a transportni troškovi (i ne samo oni) daleko su niži u odnosu na dovoz uglja iz Kolubare.

Posebno treba naglasiti da bi se izgradnjom ovih tetmoenergetskih objekata, osim razvoja rudnika, omogućilo otvaranje novih radnih mesta, ravnomeran regionalni razvoj, zaustavljanje iseljavanja ljudi iz oblasti gde se nalaze rudnici, očuvanje višenacionalne strukture na pešterskoj visoravni i niz drugih pozitivnih efekata koji bi rezultirali rastom broja stanovnika i standarda stanovništva na prostorima gde su rudnici sa podzemnom eksploatacijom uglja.

Iz izloženog za sve basene mogu se definisati svi zajednički zaključci, a koji su sadržani u sledećem:

ZAKLJUČAK

- Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije treba da pokrene proces izrade strategije razvoja institucionalnog i zakonskog okvira, strategije upravljanja mineralnim sirovinama (u okviru koje posebno mesto treba da ima i ugalj ili je moguće za ugalj izraditi i posebnu strategiju) kao i strategiju razvoja rudarskog sektora. Takođe je neophodno da se svake druge godine inovira Strategija razvoja energetike Republike Srbije shodno ranije usaglašenim principom pri njenom usvajanju u Parlamentu. U okviru Strategije razvoja EPS-a treba oprezno preispitati dinamiku izgradnje novih objekata posebno sa stanovišta perspektivnosti i ekonomičnosti eksploatacije u pojedinim basenima uglja, uključujući i kosovski basen uglja.
- Svi baseni uglja imaju postavljene strateške ciljeve, ali ni jedan nema izgrađen proces strateškog menadžmenta, kao ni izrađenu globalnu strategiju razvoja. Zbog toga treba da pristupe izradi svojih strategija razvoja kojima će povećati pouzdanost i kvalitet resursa u cilju povećanja ukupnih mogućnosti i smanjenja neizvesnosti u budućem poslovanju.
- S obzirom na specifičnosti pojedinih basena uglja, u okviru izrade strategije

razvoja, treba posebno obratiti pažnju na niz strateških promena, od organizovanja, vlasničke strukture, definisanja potencijala basena, ali i strateški pristup uključivanja lokalne samouprave koja je, zbog svoje potpune oslonjenosti na basen i ekonomsku zavisnost od njega, veoma zainteresovana za njegov budući razvoj.

- Procesu privatizacije ili strateškog partnerstva potrebno je pažljivo pristupiti kako bi realizacija bila na zadovoljstvo svih zainteresovanih strana i zaposlenih, i države, i privatizacionog ili strateškog partnera.
- Stvaranje kadrova je poseban problem uočen bez razlike kod svih basena uglja i ubuduće bi svi baseni trebali da izgrade posebne strategije razvoja kadrova.
- Imajući u vidu usvojenu Strategiju razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine, kao i sadašnje i buduće potrebe za električnom energijom, treba strateški rešiti problem izgradnje novih i racionalno korišćenje postojećih termoenergetskih objekata na područjima ležišta sa značajnim rezervama uglja, koja se mogu podzemno eksplorisati. S obzirom nato da se ovi rudarski potencijali, uglavnom, nalaze u nerazvijenom delu Srbije, izgradnjom termoenergetskih objekata, osim razvoja rudnika, omogućilo bi se otvaranje novih radnih mesta, ravnomeran regionalni razvoj, kao i zaustavljanje iseljavanja ljudi iz oblasti gde se nalaze rudnici.

LITERATURA

- [1] M. Ivković: Strategija razvoja rudnika sa podzemnom eksploatacijom u Srbiji u uslovima restrukturiranja, Časopis „Rudarski radovi“, br. 2/2001, Bor, 2001.
- [2] M. Stjepanović: Strateški pristup planiranja razvoja i proizvodnje mineralnih sirovina u oblasti rudarstva Srbije, Časopis „Rudarski radovi“, br. 1/2002, Bor, 2002.

UPUTSTVO AUTORIMA

Časopis RUDARSKI RADOVI izlazi dva puta godišnje i objavljuje naučne, stručne i pregledne rade. Za objavljivanje u časopisu prihvataju se isključivo originalni radovi koji nisu prethodno objavljivani i nisu istovremeno podneti za objavljivanje negde drugde. Radovi se anonimno recenziraju od strane recenzenta posle čega redakcija donosi odluku o objavljinjanju. Rad priložen za objavljinjanje treba da bude pripremljen prema standardima časopisa Rudarski radovi da bi bio uključen u proceduru recenziranja. Neodgovarajuće pripremljeni rukopisi biće vraćeni autoru na doradu.

Standardi za pripremu rada

Obim i font. Rad treba raditi u Microsoft Wordu novije verzije, fontom Times New Roman veličine 12 sa razmakom 1,5 reda. Preporučuje se da celokupni rukopis ne bude manji od 5 strana i ne veći od 10 strana.

Naslov rada. Iznad naslova rada piše se ime (imena) autora i institucija (institucije) u kojoj radi (rade). Ne preporučuje se da na radu budu više od tri autora. Uz ime prvog autora treba staviti fusnotu koja sadrži elektronsku adresu autora. Ukoliko rad potiče iz doktorske ili magistarske teze u fusnoti treba da stoji i naziv teze, mesto i fakultet na kojem je odbranjena. Za radeve koji potiču iz istraživačkih projekata treba navesti naziv i broj projekta, finansijera i instituciju u kojoj se realizuje.

Izvod. Izvod dužine 150-300 reči nalazi se na početku rada i sadrži cilj rada, primenjene metode, glavne rezultate i zaključke.

Ključne reči. Ključne reči se navode iza rezimea. Treba da ih bude minimalno 3, a maksimalno 6.

Naslov rada, izvod i ključne reči treba da budu prevedeni na engleski jezik.

Osnovni tekst. Radove treba pisati jezgrovito, razumljivim stilom i logičkim redom koji, po pravilu, uključuje uvodni deo s određenjem cilja ili problema rada, opis metodologije, prikaz dobijenih rezultata, kao i diskusiju rezultata sa zaključcima i implikacijama.

Reference u tekstu. Imena stranih autora u tekstu se navode u originalu ili u srpskoj transkripciji, fonetskim pisanjem prezimena, a zatim se u zagradi navodi izvorno, uz godinu publikovanja rada, npr. Miler (Miller, 1957). Kada su dva autora rada, navode se prezimena oba, dok se u slučaju većeg broja autora navodi prezime prvog i skraćenica "i sar." ili "et al."

Citati. Svaki citat, bez obzira na dužinu, treba da prati referencia sa brojem strane. Za svaki citat duži od 350 znakova autor mora da ima i da priloži pismeno odobrenje vlasnika autorskih prava.

Spisak literature. Na kraju teksta treba priložiti spisak literature koja je navođena u tekstu. Bibliografska jedinica knjige treba da sadrži prezime i inicijale imena autora, godinu izdanja, naslov knjige (kurzivom), mesto izdanja i izdavača, npr:

Poglavlje u knjizi navodi se na sledeći način:

[1] Willis B. A.: Mineral Processing Technology, Oxford, Pergamon Press (1979), str. 35.

Članak u časopisu navodi se na sledeći način: autor, godina izdanja (u zagradi), naslov članka, puno ime časopisa (kurzivom), volumen (boldovan), broj i stranice npr:

[2] Milošević N., Ristić M.. (2001): Kinetika procesa adsorpcije jona bakra iz otpadnih voda jame na jonoizmenjivaču Amberlit IR-120, Časopis Bakar, Bor, 26, 1, str. 113-118.

Web dokument: ime autora, godina, naziv dokumenta (kurzivom), datum kada je sajt posećen, internet adresa sajta, npr:

Degelman, D. (2000). APA Style Essentialis. Retrieved May 18, 2000. from WWW:
<http://www.vanguard.edu/psychology/apa.pdf>

Kada se isti autor navodi više puta poštuje se redosled godina u kojima su radovi publikovani. Ukoliko se navodi veći broj radova istog autora publikovanih u istoj godini, radovi treba da budu označeni slovima uz godinu izdanja npr. 1999a, 1999b...

Navođenje neobjavljenih radova nije poželjno, a ukoliko je neophodno treba navesti što potpunije podatke o izvoru.

Slike i tabele. Svaka ilustracija i tabela mora biti razumljiva i bez čitanja teksta, odnosno, mora imati redni broj, naslov i legendu (objašnjenja oznaka, šifara i skraćenica).

Adresa redakcije je: **Časpis RUDARSKI RADOVI**

**Institut za rudarstvo i metalurgiju,
Naučnotehnološka informatika,
Zeleni bulevar 35, 19210 Bor**

E-mail: **nti@irmbor.co.yu**

ili: **JP za podzemnu eksploataciju Resavica**

**Dr Mirko Ivković
Peta Žalca 2
35 237 Resavica**

Radovi se šalju elektronskom poštom ili u drugom elektronskom obliku, kao i na PTT adresu.

Za obaveštenja koristiti telephone: 030/454-104; 030/435-198 ili 035/627-566

Svim autorima se zahvaljujemo na saradnji.

SADRŽAJ CONTENS

<i>R. Rajković, D. Kržanović, V. Marinković</i>	
GEOLOŠKA INTERPRETACIJA LEŽIŠTA „DEO“ DONJA BELA REKA PROGRAMOM GEMCOM 6.1.3	
THE GEOLOGICAL INTERPRETATION OF ORE „DEO“ DONJA BELA REKA WITH BLOCK-MODEL IN SOFTWARE GEMCOM 6.1.3.....	1
<i>D. Kržanović, R. Rajković, V. Marinković</i>	
GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE, MODELIRANJE I TEHNIČKO REŠENJE OTKOPAVANJA TEHNOGENOG LEŽIŠTA BAKRA „DEPO ŠLJAKE 1“ U BORU	
GEOLOGICAL CHARACTERISTICS, MODELLING AND TECHNICAL SOLUTION OF EXCAVATION TECHNOGENY COPPER DEPOSIT „DEPO ŠLJAKE 1“ IN BOR	7
<i>M. Bugarin Z. Stevanović, Lj. Obradović</i>	
GEOLOŠKO-HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEŽIŠTA BAKRA CEROVO (“CEMENTACIJA – KRAKU BUGARESKU”)	
GEOLOGICAL – HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF COPPER DEPOSIT CEROVO ("CEMENTACIJA – KRAKU BUGARESKU").....	17
<i>M. Ignjatović, M. Ljubojev, D. Mitić, Z. Stojanović</i>	
ULJNI ŠKRILJCI KAO ENERGETSKI POTENCIJAL REPUBLIKE SRBIJE	
OIL SHALE AS ENERGETIC POTENTIAL OF REPUBLIC SERBIA.....	23
<i>D. Milanović, S. Magdalinović, R. Jonović, LJ. Avramović</i>	
IZBOR REAGENSA ZA DOBIJANJE NISKOSADRŽAJNOG KONCENTRATA ŠELITA	
CHOOSE REAGENT FOR OBTAIN LOW CONTENT CONCENTRATE OF SCHEELITE.....	33
<i>M. Ivković, J. Miljanović</i>	
PARAMETRI UTICAJNI NA ŽIVOTNU SREDINU U RUDNIKU „SOKO“ – SOKOBANJA	
PARAMETERES INFLUENCE ON LIFE ENVIRONMENT IN MINE „SOKO“ SOKOBANJA.....	39
<i>D. Urošević</i>	
PRILOG PRORAČUNU KOLIČINA VAZDUHA ZA OTPRAŠIVANJE U POGONIMA ZA PROIZVODNJU GRAĐEVINSKIH PROIZVODA PRIMENOM ASPIRACIONIH SISTEMA	
CONTRIBUTION TO CALCULATION FOR AIR QUANTITIES FOR DEDUSTING BY APPLICATION OF ASPIRATION SYSTEMS IN OBJECTS FOR PRODUCING OF BUILDING MATERIALS.....	43
<i>M. Ivković, M. Ljubojev</i>	
OCENA UGROŽENOSTI EKSPLOZIVNOM UGLJENOM PRAŠINOM U PODZEMnim RUDNICIMA UGLJA U SRBIJI	
ENDANGER EVALUATION OF EXPLOSIVE COAL DUST IN UNDERGROUND COAL-MINES IN SERBIA.....	53

<i>V. Šćekić, D. Krstić, Ć. Sanković, Ž. Milić</i>	
SNABDEVANJE REPROMATERIJALOM JAME "OSOJNO-JUG", R.L. "LUBNICA"	
SUPPLYING MATERIALS PIT OSOJNO SOUTH MINES LUBNICA.....	57
<i>Lj. Obradović, M. Bugarin, Z. Stevanović, R. Jonović, Lj. Avramović</i>	
ISPITIVANJE PROCESA LUŽENJA RASKRIVKE POVRŠINSKOG KOPA CEROVO	
INVESTIGATION OF LEACHING PROCESS OF CEROVO OPEN PIT'S OVERBURDEN	65
<i>D. Urošević, D. Đuranović, Z. Popović</i>	
PRILOG OPTIMIZACIJI EKSPLOATACIJE ASPIRACIONIH SISTEMA ZA OTPRAŠIVANJE U POGONIMA ZA PRERADU GRAĐEVINSKOG OTPADA	
CONTRIBUTION TO OPTIMAL PROCEDURE OF EXPLOITATION OF ASPIRATION SYSTEMS FOR DEDUSTING IN OBJECTS FOR REFINEMENT OF BUILDING WASTE	73
<i>Z. Stevanović, M. Bugarin, Lj. Avramović, R. Jonović, Lj. Obradović</i>	
PRELIMINARNA TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA REVALORIZACIJE BAKRA IZ JALOVINE POVRŠINSKOG KOPA „CEROVO-CEMENTACIJA 1“	
PRELIMINARY TECHNO-ECONOMIC ANALYZE OF COPPER REVALORIZATION FROM OPEN PIT „CEROVO-CEMENTACIJA 1“ TAILING	77
<i>Lj. Janošević, O. Dimitrijević, B. Rajković</i>	
IZRADA PROJEKTA PRIHVATNOG BUNKERA U OKVIRU GLAVNOG RUDARSKOG PROJEKTA EKSPLOATACIJE U LEŽIŠTU KAMENOGLAČA „PROGORELICA“ – BALJEVAC	
GENERATION DESIGN OF RECEIVING BIN IN MAIN MINE DESIGN OF STONE COAL DEPOSIT „PROGORELICA“ – BALJEVAC	83
<i>Lj. Janošević, D. Urošević, Z. Ilić</i>	
SANACIJA GORNJEG OTVORA KOSOG OKNA UGRADNJOM ZAŠITNE REŠETKE U LEŽIŠTU KREĆNOG KAMENA U LEŽIŠTU „ZAGRAĐE-5“	
REBUILDING OF OVERHEAD ACCESS OF ASLOPE PIT BY ASSEMBLING OF PROTECTIVE GRATE IN LIME STONE DEPOSIT „ZAGRAĐE-5“.....	95
<i>R. Lekovski, M. Mikić, M. Martinović</i>	
ZAŠTITA ŽIVOTNE SREDINE OD UTICAJA ODLAGALIŠTA JALOVINE POVRŠINSKOG KOPA KVARNIH PEŠČARA "DEO", DONJA BELA REKA	
ENVIRONMENTAL PROTECTION AGAINST THE INFLUENCE OF QUARTZ SANDSTONE TAILING DUMP PART DONJA BELA REKA.....	107
<i>Z. Dragosavljević, M. Denić, M. Ivković</i>	
STRATEGIJA RAZVOJA PODZEMNIH RUDNIKA UGLJA U SRBIJI U OKVIRU RAZVOJA UGLJENIH BASENA SA POVRŠINSKOM EKSPLOATACIJOM	
STRATEGY OF UNDERGROUND MINES DEVELOPING IN SERBIA IN THE FRAME OF DEVELOPING OF COAL MINES BASINS WITH GROUND EXPLOITATION.....	115