

LJILJANA AVRAMOVIĆ*, MILE BUGARIN*,
ZORAN STEVANOVIĆ*, LJUBIŠA OBRADOVIĆ*,
MARKO JONOVIĆ**, RADOJKA JONOVIĆ*,
RADMILA MARKOVIĆ*

Originalni naučni rad
UDC:628.16:622

Uticaj rudničkog otpada iz RTB Bor na okolne vodotokove

Tokom više od jednog veka rudarenja u opštini Bor, različitim rudarskim i metalurškim aktivnostima, degradirano je više hiljada hektara šuma i oranica. Procenjuje se, da je do danas u Boru i okolini otkopano preko 200 miliona tona rude i oko 500 miliona tona raskrivke, pri čemu je proizvedeno oko 195 miliona tona flotacijske jalovine. Odloženi rudnički otpad od momenta odlaganja pa nadalje, pod uticajem atmosferijija predstavlja trajan izvor kiselih voda koje sa sobom nose rastvorene teške metale i zagađuju okolno zemljište, površinske vodotokove kao i podzemne vode. Zbog kontinualnog pojavljivanja kiselih rastvora javlja se konstantan negativan uticaja na površinske i podzemne vodotokove kao i na njihovo priobalje.

Predmet rada je analiza stvarnog stanja ugroženih lokacija i njihova kategorizacija prema stepenu kontaminacije štetnim elementima.

Ključne reči: rudnički otpad, vodotokovi, jalovina

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 prioritetne i kod nas, što imajući u vidu karakter industrije Borskog regiona, ima ogroman regionalni ali i znatno širi značaj.

Naime, posle atmosferskih padavina dolazi do perkolacije voda kroz rastresitu masu raskrivke, pa zbog prisutnosti određenih sulfidnih jedinjenja a pre svega pirita, dolazi do nastanka slabe sumporaste kiseline. Ovako nastale kisele vode rastvaraju mineralna jedinjenja u raskrivci i odnose sa sobom značajne količine rastvorenih teških metala koji se potom talože u okolnom zemljištu ili odlaze dalje vodotokovima. Kvantitet i kvalitet kiselih rastvora iz rudničkih odlagališta zavise od količine atmosferskih padavina i hemijsko-mineraloškog sastava odloženog materijala. Mesta pojavljivanja u najvećem zavise od formiranih primarnih vodotokova kroz rastresitu masu kao i od granulacije odloženog materijala.

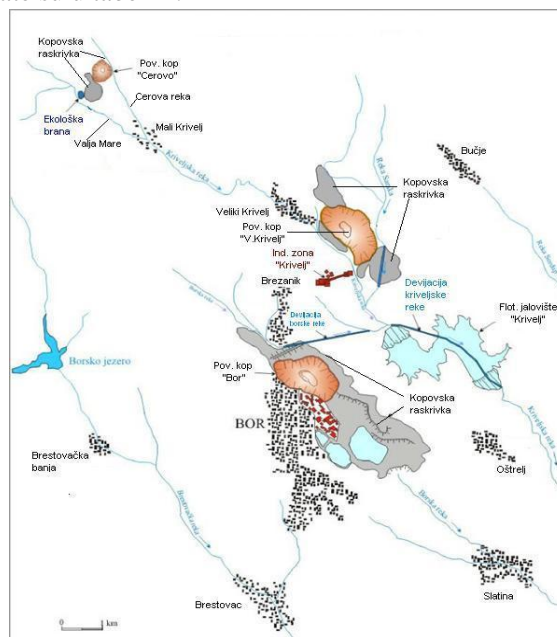
EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

Poznato je da se rudarskom eksploatacijom mineralnih sirovina metodom površinskog otkopavanja stvaraju ogromne količine otpadnog materijala (raskrivka, partije niskih sadržaja, partije oksidne rude, itd.).

Adrese autora: *Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, Z. bulevar 35, Bor, **TMF Univerzitet u Beogradu Rad primljen: 15.12.2012.

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.).

Lokacije odlagališta kopovske raskrivke date su na slici 1, a orijentacione količine deponovane kopovske raskrivke u okolini Bora i geološka pretpostavka o sadržajima bakra u pojedinim delovima odlagašta date su u tabeli 1.



Slika 1 - Lokacija odložene kopovske raskrivke u okviru delovanja RTB-a Opština Bor

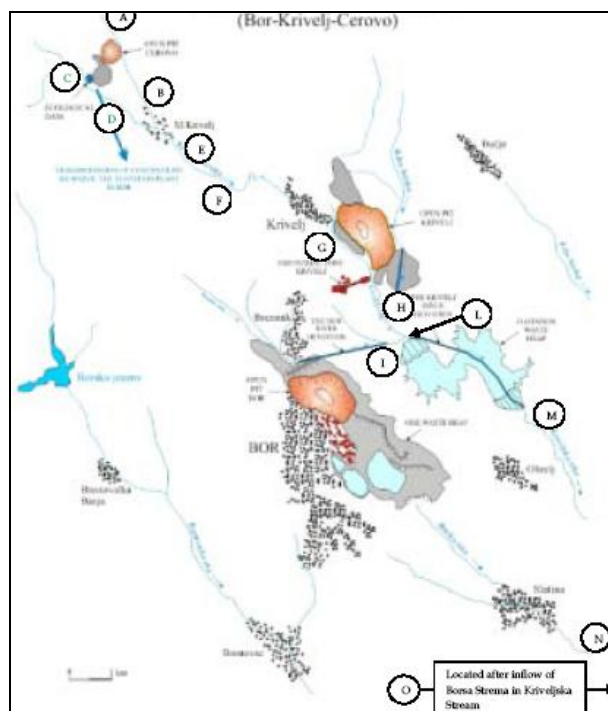
Tabela 1 - Količine kopovske raskrivke sa procenjenim prosečnim sadržajima bakra

	Jalovina površinskih kopova					
	Visoki planir	Severni planir	Planir RTH	Unutrašnje odlagalište	Planir V.Krivelj	Planir Cerovo
Količina(Mt)	150	20	60	28	170	22
Cu (%)	0,15	>0,3	< 0,1	0,2	< 0,1	0,18
Cu (t)	225.000	60.000	60.000	56.000	170.000	39.600

Po podacima iz tabele 1 vidi se da je u okolini Bora deponovana jalovina površinskih kopova (kopovska raskrivka) koja sadrži preko 950.000 t bakra. Poređenja radi treba reći da je to otprilike trećina od ukupno proizvedenog bakra u rudi iz domaćih sirovina tokom rada Borskog rudnika od otvaranja do danas. Glavni konstituenti u rudničkim vodama, nastalim samoizluživanjem raskrivke i jalovine su: železo, mangan, aluminijum, bakar, cink, olovo, nikl, bizmut, kadmijum, itd., što uglavnom zavisi od hemijskog i mineraloškog sastava stenske mase.

Oksidacija sulfida i dalje rastvaranje tako nastalih jedinjenja je najrasprostranjeniji hemizam nastanka kiselih rudničkih voda, a sam mehanizam, u najprostijim crtama, bi bio sledeći. Nakon otkopavanja i odlaganja raskrivke i jalovine, sulfidna mineralizacija stenske mase biva izložena vazduhu i atmosferilijama, što dovodi do procesa hemijske i biohemijske oksidacije sulfidnih minerala, kao posledice, u ovom drugom slučaju, prisustva bakterija na substratu koji sadrži sulfidni sumpor, pri čemu nastaju oksidi i sulfati metala i sumporna kiselina. Atmosferske vode izlužuju proizvode reakcije nastale hemijskom i biohemijskom oksidacijom sulfida, uzrokujući nastajanje rudničkih voda, čiji karakter je kiseo i čija pH vrednost se najčešće kreće u intervalu od 3 do 4. Negativan uticaj ovakvih rastvora na okolinu ogleda se u dugoročnoj kontaminaciji zemljišta sa kojim rudničke vode dolaze u dodir i akumuliranju jona

teških metala u njemu; u ulivanju rudničkih voda u površinske vode; u mešanju rudničkih voda sa podzemnim vodama i njihovom zagađenju, itd. U tabeli 2 su prikazane analize na rekama sa područja kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2 - Lokacija uzoraka uzetih iz reka borskih rudnika bakra (Izvor: LEAP)

Tabela 2 - Analiza monitoringa površinskih voda

Par.	Jed	A	B	C	D	F	H	I	L	M	N	O	MDK III kl
T	°C	15/19	14/19	16/19	17/19	20/19	21/19	24/22	20/19	20/19	/	/	<28
Boja	/	ne	sv.zel	ne	ne	zam.	sv.sm	sv.sm	sv.sm	/	/	ne	
Miris	/	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	/	/	
Pliv. mater	/	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	/	/	
pH	/	7,5	6,1	7,0	7,2	7,5	6,0	2,9	3,7	3,5	5,1	4,6	6-9

Talož (2h)	ml/l	0,2	0,4	0,2	0,5	0,6	0,9	1,7	16	15	/	/	
R. m. (105°C)	mg/l	51	72	47	39	66	78	186	383	595	383	407	80
S.ost	mg/l	869	905	954	620	751	820	874	1383	1227	/	/	1500
Potr KmnO ₄	mg/l	11,2	16,6	10,3	16,9	18,4	19,7	32,9	34,7	122	/	/	20
HPK5	mg O ₂ /l	5,9	4,0	5,1	4,9	8,5	103	22,3	22,3	108	/	/	7,0
Nitrit	mg/l	/	0,2	/	0,09	0,26	0,34	2,77	0,5	1,27	/	/	/
Nitrat	mg/l	/	/	0,05	/	/	/	/	/	/	/	/	/
NH ₄	mg/l	0,08	0,06	/	/	/	/	1,36	0,85	2,16	/	/	10
Cl	mg/l	11,0	52,3	12,1	24,6	27,2	30,8	51,6	41	41	/	/	
SO ₄	mg/l	75	261	32	70	316	257	373	369	383	/	/	
SO ₃	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
S	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
CN	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
PO ₄	mg/l	/	/	/	/	0,2	0,25	/	0,56	0,98	/	/	
Fenol	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,3
Fe	mg/l	/	0,828	/	/	/	/	1,36	3,21	7,25	/	0,07	1
Cr	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,5
Cu	mg/l	0,035	1,36	0,06	0,09	0,38	3,37	460	20,6	21,4	1,5	1,3	0,1
Ni	mg/l	/	0,037	/	/	/	/	0,06	/	/	/	/	0,1
Cd	mg/l	/	0,01	/	/	/	/	0,08	/	/	/	/	0,05
Zn	mg/l	0,076	0,519	0,04	0,71	0,05	0,38	40,4	0,84	1,47	0,9	0,9	1
Pb	mg/l	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0,1

Dat je zakonski okvir Republike Srbije za zaštitu površinskih i podzemnih voda pomoću klasifikacije u četiri klase prema nivou zagađenosti vode i njene upotrebe. Vrednosti donjeg limita se odnose na III klasu: voda koja može da se upotrebi za navodnjavanje i industriju, ali ne za prehrambenu industriju.

ZAKLJUČAK

Svetski trend razvoja tehnologije za rešavanje problema rudničkih voda danas ide u dva pravca - prvi ka sprečavanju zagađenja i drugi ka dodatnom iskorišćenju potencijalno korisnih komponenti koje se nalaze u rudničkim vodama. Analizama rudničkih voda utvrđeno je da sadržaj bakra može dostići vrednost i do 1 g/l, što je za savremene hidrometa-

lurške postupke koncentracija iz koje se bakar može, ekonomski isplativo, valorizovati. To dovodi do razvoja tehnologija zasnovanih na hidrogeologiji i hidrometalurgiji, a koje imaju za cilj prikupljanje svih kontaminiranih rudničkih voda, njihov hidrometalurški tretman i, na kraju, prečišćavanje.

Bakar sadržan u rudničkoj jalovini se može ekonomski valorizovati, umanjujući na taj način direktno sposobnost odložene rudničke jalovine da generiše kisele otpadne rudničke vode.

Zahvalnost

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na finansijskoj pomoći (Projekat TR 37001)

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] Z. Stevanović, M. Antonijević, R. Jonović, Lj. Avramović, R. Marković, M. Bugarin, Leach-Sx-Ew Copper Revalorization from Overburden of Abandoned Copper Mine Cerovo, Eastern Serbia, Journal of Mining and Metallurgy 45 B (1) (2009) 45 – 57.
- [3] R. Jonović, Lj. Avramović, M. Bugarin, M. Šteharinik, R. Marković, Characterization of Industrial Waste Water Generated in the Copper Production Process, 11th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO SGEM 2011, Albena, 2011, 215-220.
- [4] Lj. Avramović, R. Jonović, M. Bugarin, Z. Stevanović, V. Gardić, R. Kovačević, Purification of Waste Water Generated in the RTB Bor, International Conference on Innovative Technologies IN-TECH 2011 Bratislava, Slovakia, 2011, 30-32.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF THE DEPOSITED MINING WASTE FROM RTB BOR ON THE SURROUNDING WATERWAYS

For more than a century of mining in the municipality of Bor, various mining and metallurgical activities, degradation of thousands of hectares of forests and fields. It is estimated that up to now in Bor and its surroundings have been excavated over 200 million tons of ore and 500 million tonnes of overburden, where he produced about 195 million tons of tailings. Deferred mining waste disposal from the moment onwards, under the influence of environmental factors is an ongoing source of acid waters carry dissolved heavy metals and pollute the surrounding soil, surface water and groundwater. Due to the continuous occurrence of acid solutions appears constant negative impact on surface and ground water flows as well as their watersheds.

The paper analyzes the actual state of endangered locations and their categorization according to the degree of contamination of harmful elements.

Key words: *mining waste, waterways, tailings*

Paper received: 15.12.2012.

Scientific paper