

## РЕЦИКЛАЖА И ОДРЖИВИ РАЗВОЈ

UDK

*Стручни рад*

---

Технички факултет у Бору – Универзитет у Београду, В.Ј. 12, 19210 Бор, Србија  
Катедра за минералне и рециклажне технологије  
Тел. +381 30 424 555, 424 556, Фак. +381 30 421 078

---

### ОДРЖИВИ РАЗВОЈ ПРОИЗВОДЊЕ РУДА БАКРА У РТБ БОР

#### SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF COPPER ORE PRODUCTION IN RTB BOR

**Бранислав Михајловић<sup>1</sup>, Живорад Милићевић<sup>#2</sup>**

<sup>1</sup>Рудници бакра Бор, <sup>2</sup>Технички факултет у Бору

---

#### ИЗВОД

У промењеним условима пословања насталим драстичним променама цена метала на светском тржишту потребно је донети нове стратешке одлуке везане за ревитализацију свих рудника у оквиру РТБ Бор. Ситуација са расположивим резервама за економичну експлоатацију постојећих лежишта бакарних руда се, такође, променила у складу са променом цене метала, па је потребно ново сагледавање могућности захвата у појединим лежиштима у односу на раније урађене студије. У раду се говори о потенцијалним могућностима појединих лежишта руда бакра за ревитализацију производње.

**Кључне речи:** лежишта бакра РТБ Бор, резерве руде, површинска и подземна експлоатација.

#### ABSTRACT

Drastic price increase of metals at the World market changed business conditions in RTB Bor. As a consequence, new strategic decisions on revitalization of the copper mines have to be made. Price increase also means the increase of existing ore reserves. Based on that, former studies and mine designs for each ore deposit have to be rearranged in the segments related to extent of the mining works. This paper describes potentials of several RTB Bor's copper ore deposits and possibilities for revitalization of their production.

**Key words:** copper ore deposits owned by RTB Bor, ore reserves, surface mining, underground mining.

---

---

<sup>#</sup> Особа за контакт: [zmilicevic@tf.bor.ac.yu](mailto:zmilicevic@tf.bor.ac.yu)

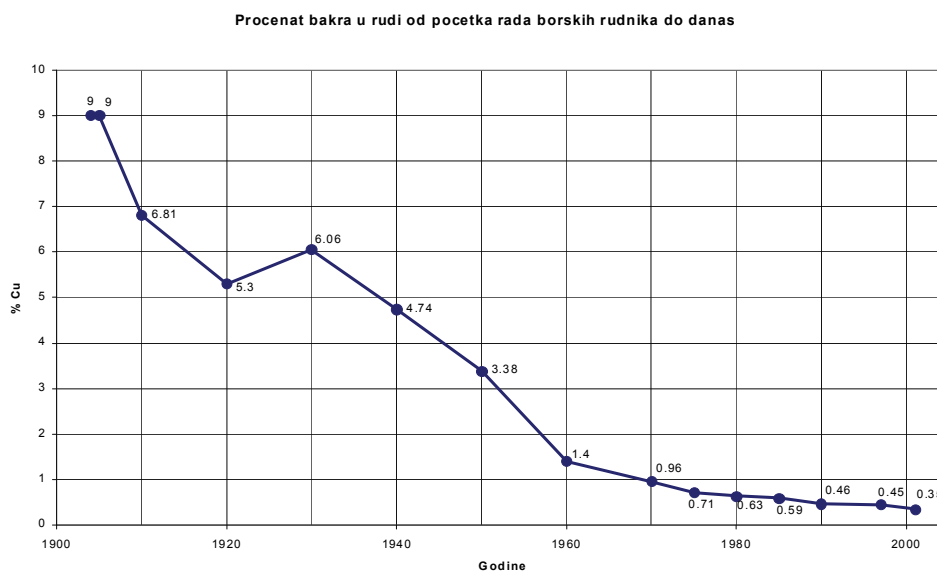
## УВОД

Производња бакра из лежишта бакарних руда Источне Србије траје већ више од 105 година у Бору, скоро 50 година у Мајданпеку и преко 25 година у руднику «Велики Кривељ». У првој половини прошлог века експлоатација је вршена од стране иностраног капитала, све до завршетка II светског рата. Послератни период се карактерише сталним растом производње, како руда тако и бакра, али се садржај метала у руди стално смањује, (сл.1). Усавршавају се технологије подземне и површинске експлоатације, што је посебно карактеристично за површинске копове на којима су у последњим деценијама прошлог века примењиване најсавременије машине за добијање, утовар и транспорт руде и јаловине. Подземна експлоатација, која је обављана само у Борском лежишту, била је у подређеном положају у односу на знатно ефикасније површинско откопавање, али и са великим ограничењима будући да је обављана испод активног површинског откопа.

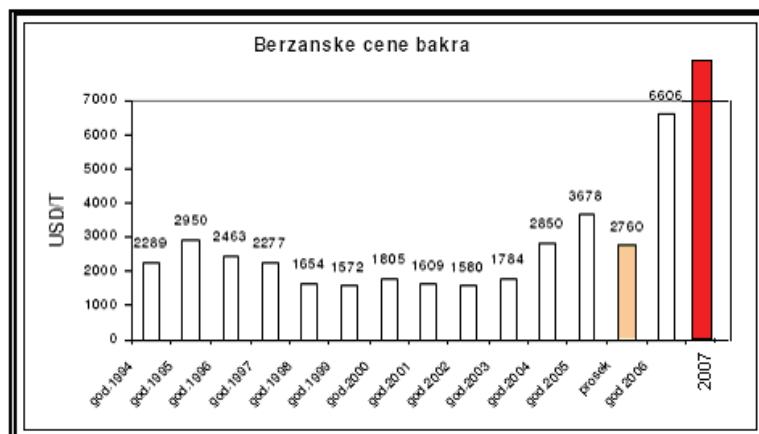
Економска ефикасност експлоатације и раније је непосредно зависила од цена

метала на светском и домаћем тржишту, али су односи између појединих предузећа, не само произвођача, већ и прерађивача бакра, били другојачије уређени.

У последњој деценији прошлог века дошло је до великих поремећаја у области економике пословања рудника условљених неповољном политичком ситуацијом, распадом Југославије и увођењем ембарга од стране западних држава. Међутим, најнеповољнија ситуација настала је са драстичним падом цене бакра на светском тржишту почетком новог миленијума, (сл. 2). Од 1995. године, када је цена бакра просечно износила близу 3.000 US \$/t, почиње њен перманентан суноврат, па се, првих година овог века, она кретала испод 2.000 US \$/t. Године 2.004. почиње постепено раст цена свих метала, а цена бакра достиже и 8.000 US \$/t. У очекивању да ће светска ситуација са потражњом метала условити дуготрајан високи ниво цене бакра, свесни суштински измењене ситуације, потребно је предузети све неопходне мере да се такво стање искористи и приступи ревитализацији производње бакра у РТБ Бор.



Слика 1. Перманентан пад садржаја бакра у произведеној руди у рудницима бакра



Слика 2. Кретање цена бакра на светском тржишту у протеклих 14 година

## РАСПОЛОЖИВИ РЕСУРСИ ЗА ОСТВАРЕЊЕ ЦИЉЕВА РЕВИТАЛИЗАЦИЈЕ

Без обзира на значајно исцрпљење резерви руде у активним лежиштима, преглед преосталих расположивих резерви даје наду да се експлоатација на постојећим рудницима може успешно и економично обављати у дужем периоду наредних деценија. Важно је знати да се количине резерви увећавају и захваљујући повољнијим ценама метала, што ће омогућити веће захвате у појединим лежиштима. Са техничко-технолошког становишта будућа експлоатација ће бити суочена са знатним тешкоћама, које су условљене веома неповољним стањем припремљености лежишта за даљу

експлоатацију, већим дубинама експлоатације, неповољнијим хидрогеолошким и геомеханичким условима и коначно већим трошковима добијања руде.

Према расположивим подацима о стању рудних резерви, преглед резерви руде за поједине руднике РТБ Бор приказан је у табели 1. Као што се види, без обзира на најдуже трајање експлоатације руде у Борском лежишту, овно и даље располаже са завидним резервама руде, које су знатно веће када се зна да нису приказане све количине у рудном телу «Борска Река», а које износе преко 600 Мт.

Табела 1. Расположиве рудне резерве у лежиштима активних рудника РТБ Бор

Лежиште	Количина руде, t	Количина Cu, t	Количина Au, kg	Количина Ag, kg
Јама, текући захват	7.262.726	70.078	1.727	11.771
Јама, Борска Река	319.969.179	1.599.846	65.274	518.350
Велики Кривељ	465.150.392	1.511.726	31.584	180.478
Чока Марин	220.714	4.767	1.307	8.945
Јужни ревир – М-пек	246.082.778	881.904	46.654	353.684
Церово	170.000.000	595.000	11.900	170.000
<b>Укупно руда бакра</b>	<b>1.208.685.789</b>	<b>4.663.321</b>	<b>158.446</b>	<b>1.243.228</b>
Шљака	11.197.587	80.062	3.158	50.389
Белоречки пешчар	23.566.924			
Заграђе	14.454.940			

## СТАЊЕ БОРСКОГ ЛЕЖИШТА

Експлоатација руде из Борског лежишта обавља се више од једног века, будући да се као година почетка рада овог рудника наводи 1903. година, мада постоје подаци о активностима и у 1902. години. За сво време рада овог рудника, који практично није прекидан кроз читав његов животни век, без обзира на ратове, окупације и друге неповољне околности, експлоатација руде се обављала јамским путем, док је откопавање на површинском копу (тада на рудном телу «Чока Дулкан») почело 1923. године, мада су радови на раскривању овог рудног тела покели неколико година раније. Рад на површинском копу завршен је 1993. године. У току рада на експлоатацији руде из борског лежишта откопано је:

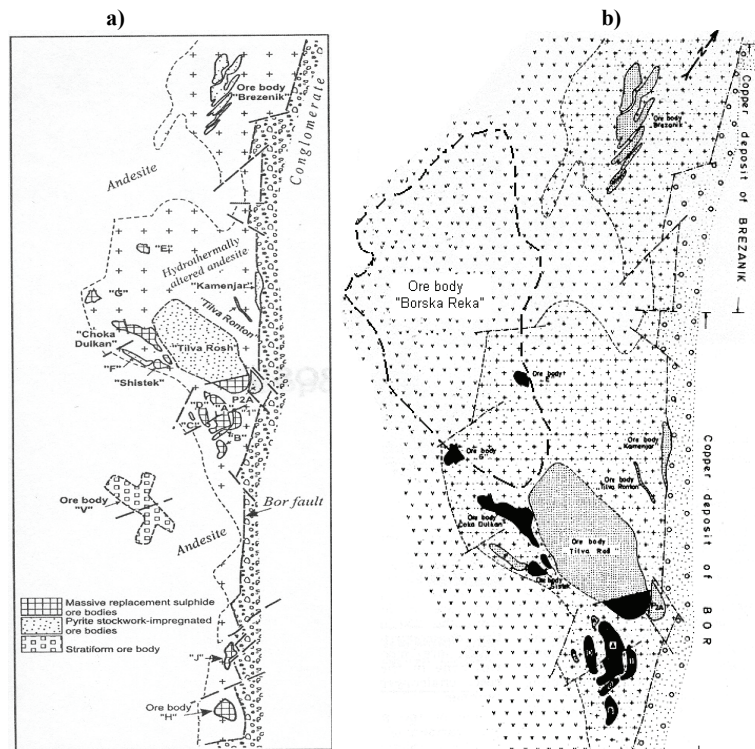
-са површинског копа 95.799.627 t руде, односно 1.342.716 t Cu, (1923 – 1993. год.)

-из јаме 50.439.759 t руде, односно 1.094.338 t Cu, (1903. – 2004. год.)

У оквиру Борског лежишта постојала су 23 рудна тела, од којих је највећи део потпуно откопан. Значајно је да су у овом лежишту постојала рудна тела са изузетно богатом рудом («Чока Дулкан», рудна тела «Тилва Мике» («А», «Б», «бр. 1»), «Г»), «Ново окно» и др, али су она највећим делом откопана у периоду до Другог светског рата, када су експлоатацију вршили Французи. У послератном периоду у богатим рудним телима су откопавани заостали сигурносни стубови и плафони, бар онај део који је дошао у захват површинског откопа. Са силаском експлоатационих радова испод нивоа VII хоризонта, садржај метала у рудни се поступно смањује, па је и то разлог да се смањивао садржај у откопаној руди. Много већи разлог је што се производња руде много више обављала у оквиру сиромашног рудног тела «Тилва Рош», које је већом делом откопано површинским копом.

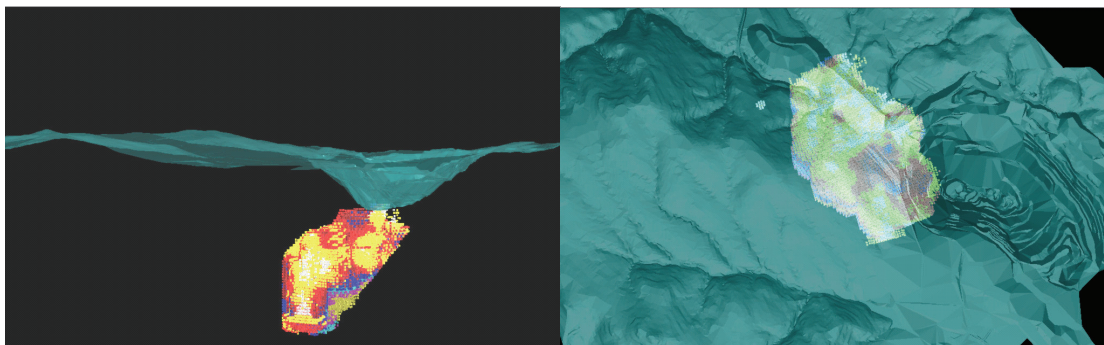
За сво време рада површинског откопа у Борском лежишту у оквиру подземне експлоатације доминира откопавање са запуњавањем откопа, при чему се од почетка шездесетих година за запуњавање користи флотацијска јаловина. У неколико мањих рудних тела, која су била ван захвата површинског копа, примењиване су и друге методе откопавања (са зарушавањем, са магацинирањем руде и сл.), међутим, од момента престанка рада на површинском копу, прелази се на откопавање са зарушавањем и у рудним телима «Тилва Рош» и «Р<sub>2</sub>А», у оним деловима ових рудних тела који су остали у косинама копа. Тренутно се откопавање подземним начином обавља у рудном телу «Брезоник», где се примењује метода откопавања са запуњавањем откопног простора (сл. 3).

Будућност експлоатације руде бакра у Борском лежишту је у рудном телу «Борска Река», у коме се налази велика количина сиромашне руде. Међутим, у садашњим околностима и са ситуацијом са ценом бакра на тржишту, не постоји дилема о томе да ће се ово рудно тело економски успешно експлоатисати. На слици 4 приказан је блок модел овог рудног тела са кога се види да оно залеже испод целокуне зоне рудних тела која су до сада откопавана. У протеклим годинама вршена су опсежна истраживања, о којима је доста било говора у бројним радовима, саопштеним и на овим скуповима. Уколико се дође до сазнања о могућностима успешне примене методе блоковског самообрушавања руде (Блок Цавинг), тада се може рачунати и са веома повољним економским резултатима откопавања овог рудног тела. У сваком случају, примена и метода откопавања блоковског принудног зарушавања може обезбедити економично откопавање.



Слика 3. Распоред познатих рудних тела у склопу Борског лежишта:

- а) приказ целог лежишта са рудним телима у југоисточној зони;
- б) централни и северни део рудног лежишта са положајем рудног тела «Борска Река», које ће бити једино у наредном периоду експлоатације Борског лежишта



Слика 4. Блок модел рудног тела «Борска Река»

### РУДНИК БАКРА «ВЕЛИКИ КРИВЕЉ»

Лежиште руда бакра «Велики Кривељ» налази се северно од Бора у непосредној близини истоименог села. Лежиште је интензивно истраживано шездесетих година

прошлог века, (1961- 1974.г.), којим је утврђена појава великог рудног тела са слабијом минерализацијом, која је међутим успешно експлоатисана у протеклих 25

година. Наиме, површинска експлоатација овог рудног тела почела је 1983. године и она се и данас врши, са реалним могућностима да се настави у нередним годинама. Како је у табели 1 приказано, у овом лежишту се још увек налази око 465 Mt руде од чега се 152 Mt сматра експлоатационим.

У току досадашњег рада из овог рудника је добијено (од 1983 – 2004. године):

- количина откопане руде 174.282.367 t,
- количина бакра у руди 642.050 t Cu
- количина концентрата из руде 2.476.345 t,
- просечни садржај концентрата 20% Cu.

Израђеном студијом одређени су следећи параметри експлоатације:

- количина руде за откопавање 152.739.154 t,
- просечни садржај метала у руди 0,347% Cu,
- количина бакра у руди 514.334 t,
- количина раскривке 130.864.621 t.

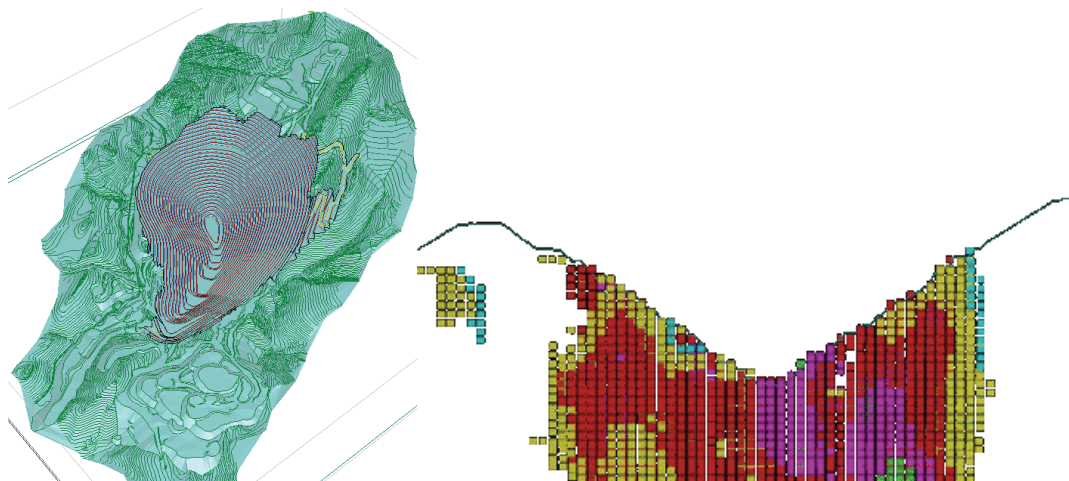
На слици 5 приказан је симулирани површински коп «Велики Кривељ»

Израђеном студијом даље експлоатације овог лежишта предвиђен је период рада рудника у току наредних 20 година. Количине откопане руде и јаловине графички су приказане на слици 6.

Као што се са слике види у току целокупног наредног века експлоатације предвиђа се производња од 8,0 Mt/год, међутим у првих десет година количина ископина је 20 Mt, што указује на велику количину раскривке, која економику експлоатације чини неповољном. Проширење површинског копа се врши у његовом северозападном делу, (слика 7), а планира се његово продубљавање до К. -40 m. Као што је познато, одлагање заскривке се врши у борском површинском копу, што доприноси очувању земљишта у околини површинског копа. Међутим, експлоатација све сиромашније руде условиће значајно повећање флотацијске јаловине, која се одлаже у долини Кривељске реке.

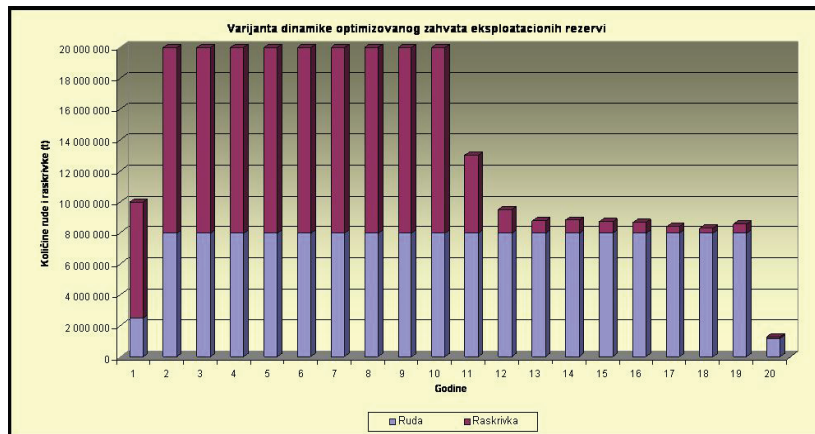
Према урађеној студији, за површински коп «Велики Кривељ», за краткорочни захват до 2011 године, планирају се следећи параметри захвата копа:

- укупне количине ископина 69.053.377 t,
- количина откопане руде 45.674.341 t,
- количина раскривке 23.379.036 t,
- коефицијент раскривке 0,512 t/t,
- просечан садржај бакра у руди 0,363 %,
- количина бакра у руди 161.609 t,
- количина злата 3.103 kg
- количина сребра 17.732 kg

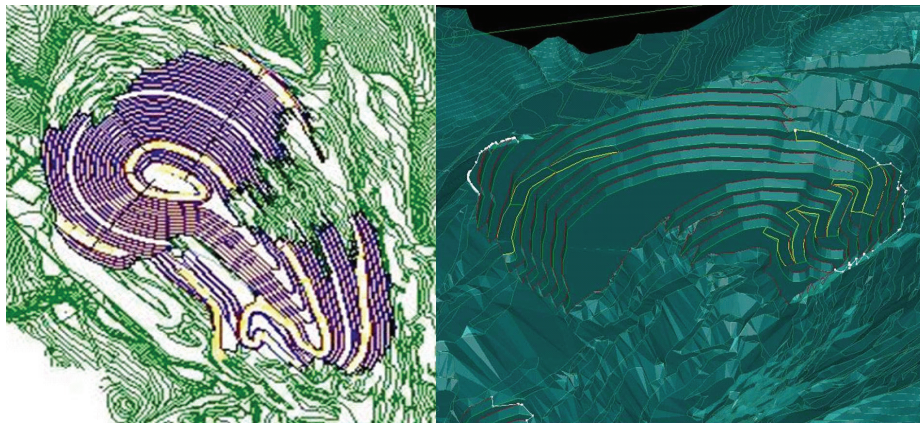


Слика 5. Површински коп рудника «Велики Кривељ»





Слика 6. Динамика откопавања у руднику «Велики Кривељ» у наредних 20 година



Слика 7. Захвати у оквиру будућег проширења површинског копа «Велики Кривељ»

## РУДНИК БАКРА МАЈДАНПЕК

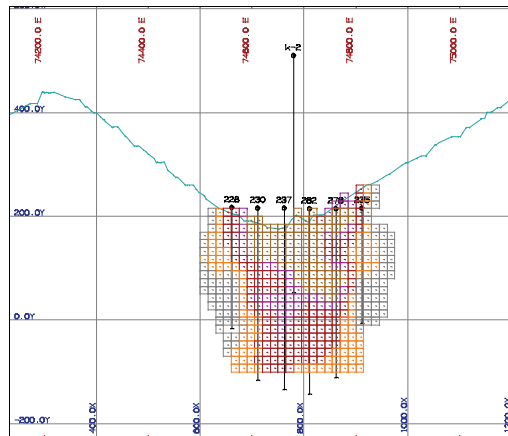
Експлоатација руде у лежишту «Јужни ревир» траје од 1961. године искључиво површинским начином, а једно време је откопавање вршено у лежишту «Северни Ревир». Површински коп на «Јужном ревиру» дуго година је важио као један од највећих у европским размерама, а постигани су и показатељи откопавања који су били блиски оним који су постизани у најразвијенијим земљама у свету. Откопавањем је достигнута дубина копа до нивоа К. +140 m и прекинуто је даље продубљавање због непридржавања динамике раскривања лежишта. Тренутно се откопавање обавља у реону тзв. «Андезитског

прста», а стидијски је разматрано продубљавање површинског копа до К.+80 m. Изглед блок модела лежишта приказан је на слици 8.

Студијом проширења површинског копа «Јужни ревир», урађеном 1998. године, предвиђено је фазно отварање при чему се у првој и другој фази врши проширење источног и северног дела копа, а у трећој фази проширење и западне косине (слика 9). За ово лежиште постоје оверене резерве руде, на основу којих су рађена сагледавања даље проширења копа, а које су приказане у табели 2.

**Табела 2.** Резерве руде у лежишту «Јужни ревер» - Мајданпек

Резерве руде А+Б+Ц <sub>1</sub>	Количина руде, t	Количина Cu, t	Количина Au, kg	Количина Ag, kg
Геолошке резерве	409.171.330	1.343.679	72.222	547.036
Билансне резерве	246.082.788	881.404	46.653	353.684
Експлоатационе резерве	95.685.965	382.524	21.934	142.662

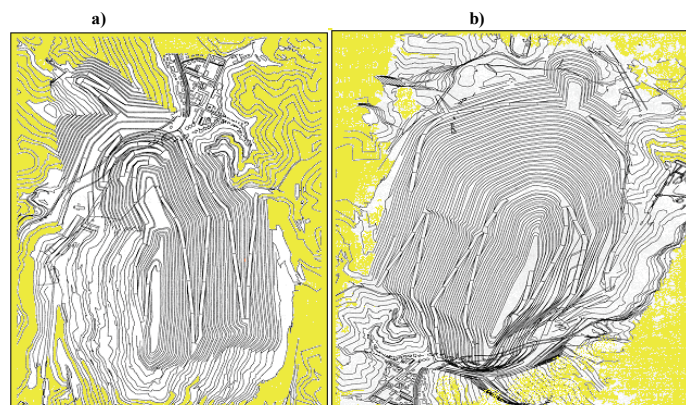


**Слика 8.** Блок модел лежишта «Јужни ревер» у попречном пресеку

У новијем студијском истраживању, урађеном 2006. године, утврђени су следећи параметри проширења површинског копа:

- количина руде која ће се откопати 106.407.291 t
- количина јаловине (раскривке) 233.891.693 t
- коефицијент раскривке 2,20 t/t

- просечан садржај бакра у руди 0,424% Cu,
- количина бакра у захвату 451.167 t,
- просечан садржај злата у руди 0,273 g/t,
- количина злата у захвату 29.049 kg,
- просечан садржај сребра у руди 1,490 g/t,
- количина сребра у захвату 158.547 kg,
- еквивалентни садржај бакра у руди 0,55% Cu



**Слика 9.** Ситуација површинског копа «Јужни ревер» према студији из 1998. године.



Предвиђена је динамика даљег рада површинског копа у току 14 година, у оквиру које би се добило:

- годишња производња руде 8,5 Mt/god.
- количина јаловине, годишње 24,0 Mt/god,
- количина ископина, укупно 32,5 Mt/god,

- укупна количина руде за период 14 год. 106,4 Mt,

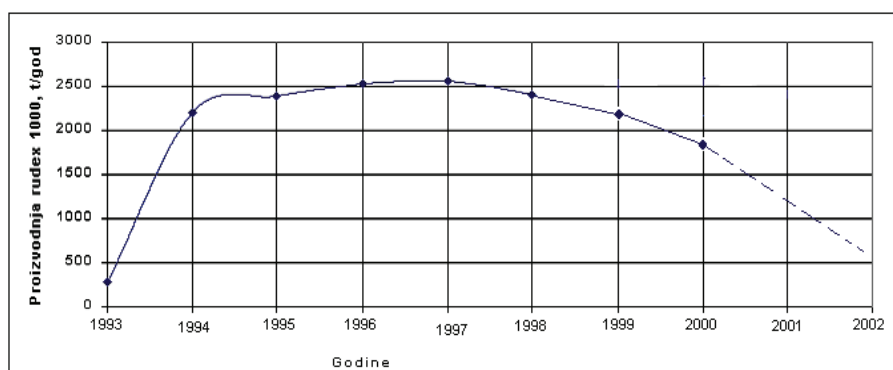
- укупна количина јаловине 233,9 Mt
- укупна количина ископина 340,3 Mt
- просечни садржај бакра у руди 0,424 %

## РУДНИК ЦЕРОВО

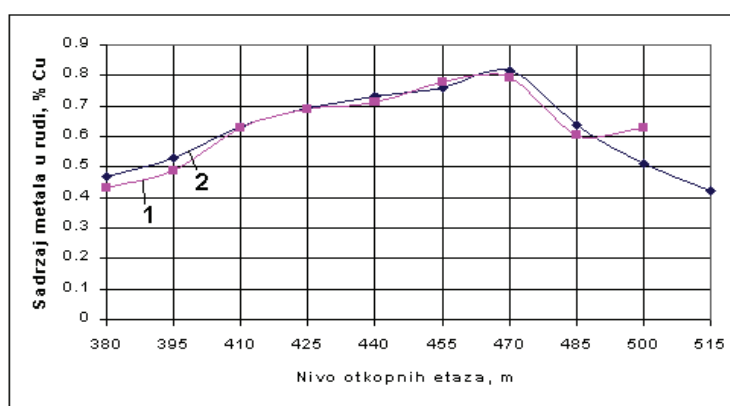
У овом руднику који је радио у склопу РББ Бор, откопавање рудног тела «Церово-1» или «Церово-цементација» обављано је у периоду од 1993 до 2002. године. Капацитет рудника достигао је 2,5 Mt/god., (слика 10), а просечан садржај метала је износио 0,66 – 1,0 % Cu у руди, (слика 11).

Руда која је откопавана на површинском копу, дробљењем је припремана за цевоводни хидраулични транспорт, а флотацијска прерада је вршена у флотацији у Бору.

Према подацима из флотације, у периоду до краја 2000. године из овог рудног тела откопано је нешто преко 17 Mt руде са просечним садржајем бакра 0,70 %.



Слика 10. Кретање производње руде са површинског копа Церово-1

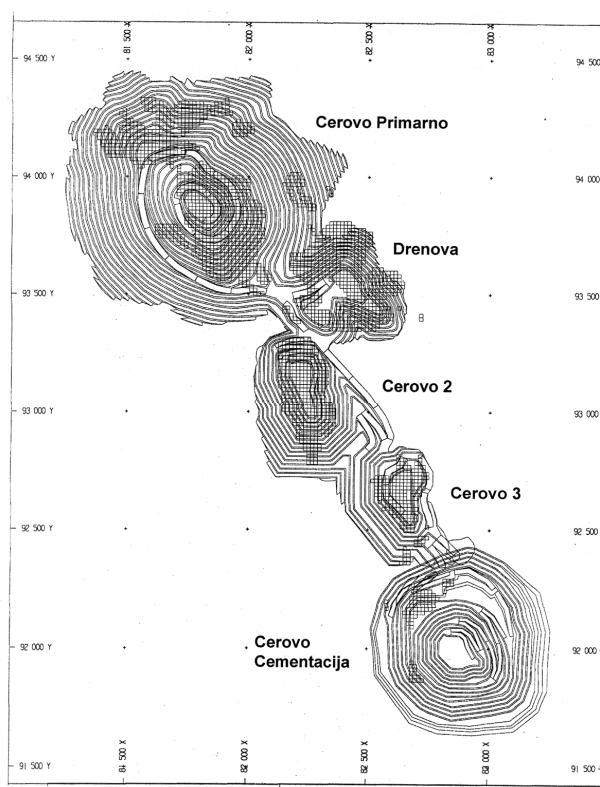


Слика 11. Промена садржаја метала у руди по појединим етажним нивоима:  
1- према геолошким подацима, 2- према подацима флотације  
Количине рудних резерви утврђене за остала рудна тела, приказане су у табели 3.

**Табела 3.** Рудне резерве у рудним телима лежишта «Церово»

Рудно тело	Количине руде , t	Садржај Cu, %
1. Цементација 1	17.479.165*	0,713
2. Церово примарно	238.358.600	0,306
3. Дренова	45.777.880	0,281
4. Цементација-2	27.283.260	0,319
5. Цементација-3	8.387.110	0,324
6. Цементација -4	5.424.910	0,288

- Напомена: Откопано у периоду 1993. – 2002 године.



**Слика 12.** Рудна тела у реону Церова

На слици 12 приказан је положај појединих рудних тела, од којих је прво («Церово цементација») откопано, а за остала се израђује пројектна документација те не постоје релевантни подаци за детаљнију анализу.

Међутим, из табеле која приказује резерве руде и садржај метала у руди, види се да се у осталим рудним телима налази знатно сиромашнија руда од већ откопаног рудног тела. Рудно тело, «Церово-прима-

рно», које је највеће у овој групи рудних тела, налази се испод тунела на прузи Бор-Мајданпек, па је његово откопавање скопчано и са евентуалним измештањем трасе тунела.

Пројекат, који је у изради, показује могућност економичног откопавања још неких рудних тела из ове групе, за шта постоје реалне могућности при садашњем нивоу цене метала на тржишту.

## УМЕСТО ЗАКЉУЧКА

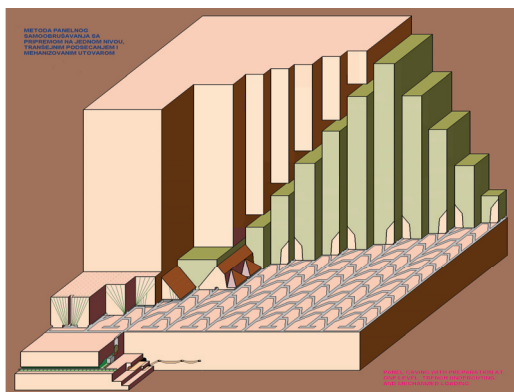
У новонасталој ситуацији са повољном ценом бакра, ревитализација производње руде у рудницима РТБ Бор је могућа и економски оправдана. Нема потпуног оправдања да се оживљавању производње на постојећим рудницима није приступило раније, мада постоје и објективни проблеми везани за неуспеле процесе приватизације у претходним годинама. Да је држава имала више слуха и смисла за приступање решавању проблема реструктурирања и ревитализације производње на нашим рудницима бакра, вероватно би сада ситуација била много повољнија.

У блиској будућности ћемо вероватно бити судеоници оживљавања рударске производње сигурно и уз финансијску потпору неке од познатих фирми у области рударске делатности, а на рударским и другим стручњацима је да се овом проблему приступи озбиљно и рационално.

За укључења у будуће захвате на том плану, постоје реални предуслови, који су, пре свега, у расположивим рудним резервама, које су, и поред значајних откопаных количина, још увек врло респектабилне и перспективне. Располаже се са довољно знања и искуства како у области површинске тако и подземне експлоатације, али ситуација је веома неповољна на самом старту процеса ревитализације. Опрема је

веома истрошена или застарела, стање припремљености рудних резерви за откопавање је неповољно, нарочито на површинским откопима, на којима је неопходно веће инвестиционо раскривање. Слична ситуација је и у Јами у којој није вршена замена опреме и постоји значајно заостајање у припреми нових локалитета за откопавање.

У садашњој ситуацији потребно је, осим презентације знања из области којима се бавимо, озбиљније приступити реалним сагледавањима могућности даљег откопавања појединих лежишта у склопу РТБ Бор. То се посебно оптенцира и из наших разматрања, на бази којим заговарамо потребу озбиљног сагледавања граница површинског откопавања и евентуалног преласка на подземно. Евентуална примена метода блоковског самообрушавања руде, (Блок Цавинг), омогућила би постизање конкурентних резултата у односу на површинско откопавање. Међутим, подземно откопавање ових лежишта значајно би допринело очувању животне средине у околини рудника, будући да би се на минималну меру смањиле количине откопане јаловине, а захват богатијих делова лежишта значајно би смањило и количину флотацијске јаловине, чије одлагање ствара све веће проблеме.



Слика 13. Конструкција методе блоковског самообрушавања руде предложена за лежиште “Велики кривељ

За квалитетно, и на обострано задовољство, доношења оптималних одлука, потребна је боља координација рударских стручњака из области површинске и

подземне експлоатације, али и учешће других стручњака, поготово и оних који се баве заштитом животне средине.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Техничка документација РТБ Бор.
2. Михајловић Б., „Истраживање могућности економичне подземне експлоатације постојећих резерви руда бакра“, Докторска дисертација, Бор 2003.