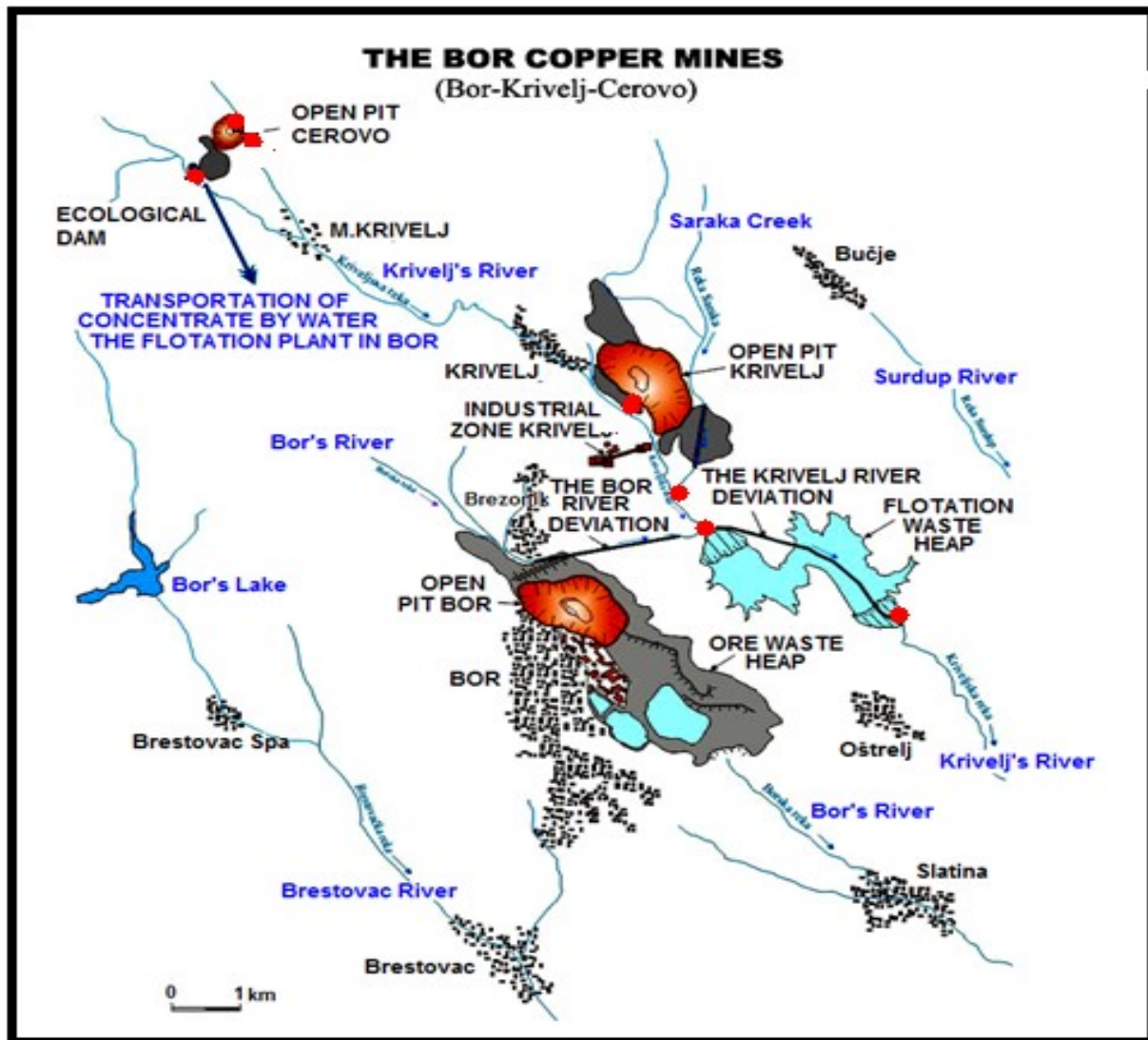


TEHNOLOGIJE PREČIŠĆAVANJA RUDNIČKIH I OTPADNIH
VODA **RTB** BOR

Profesor Velizar Stanković,
Tehnički fakultet Bor Univerzitet u Beogradu

RUDNIČKE VODE RUDNIKA BAKRA BOR - STANJE



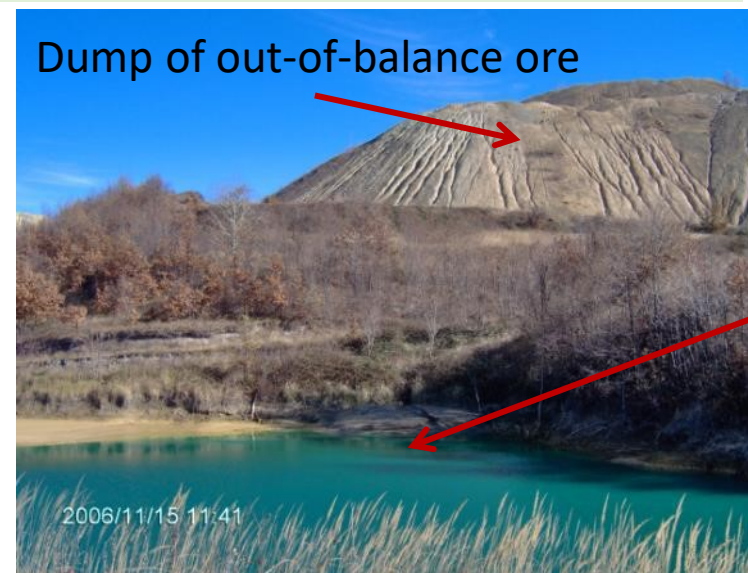
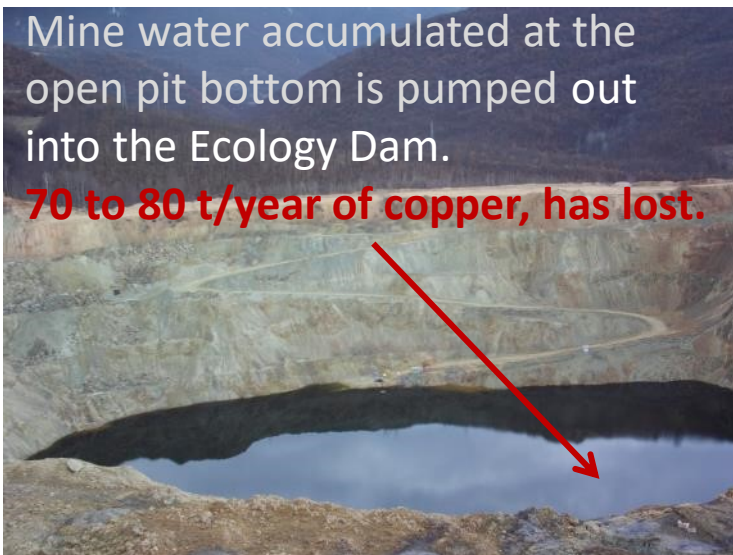
Zapremina na godišnjem nivou $> 4 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Masa metala, sumarno:

- **Cu**, $\approx 400^* \text{ t god}^{-1}$
- Jama Bor oko 200 t god^{-1}
- $> 500 \text{ t Fe/god}$
- $\approx 30 \text{ t Zn/god}$
- I još: Mn, Ni, Co, Y, ...
- Sa vodom i kiselinom u njoj niko i ne računa!

RUDNIČKE VODE NA MESTU NASTAJANJA

Veoma toksični metali se nalaze u rudničkim vodama!



Metal conc. mg/dm ³	Mn	Cu	Fe	Ni	Co	Cd	Zn	Be	pH
Ecology Dam, mg/dm ³	9.7	132.45 1300 x > MDK	0.14	0.07	0.32	0.05 10 x> MDK	5.7 30 x> MDK	0.009 45x> MDK	3.5 - 4
MDK, mg/dm ³	/	0.1	/	0.05	0.2	0.005	0.2	0.0002	6.5-7.5

KAKO NASTAJU RUDNIČKE VODE?

GORNJI DEO EKOLOŠKE BRANE I DEPONIJA U POZADINI



CEROVO – POVRŠINSKI KOP



NOVA IZVOR RUDNIČKE VODE SE POJAVIO OVOG PROLEĆA ISPOD EKOLOŠKE BRANE, KAO PRETNJA RECI *VALJA MARE*

A DETAIL: STONE COVERED WITH BASIC COPPER CARBONATE



IZVORI RUDNIČKIH VODA – SPOLJNA STRANA RUDNIKA BAKRA CEROVO



1.2 DO 1.5 g/L Cu; 6 do 8 t/god Cu se gubi i zagadjuje Cerovu reku.



RUDNIČKE VODE – UTICAJ NA POVRŠINSKE VODE



The Cerova River upstream of AMDs from the Cerovo Mine



The Cerova River downstream of AMDs

UPRAVLJANJE RUDNIČKIM VODAMA JE RAZOČARAVAJUĆE



Panoramic view of the Krivelj River – a detail

REZIME:

- Godišnja zapremina rudničkih voda: $\approx 5.3 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- Masa bakra koja se gubi $\approx 400 \text{ t/god}$

Časovni protok: $G_{\text{Cu}} \approx 48 \text{ kg Cu/h}$

Ova količina se čini malom, ali može da zagadi reku čiji je protok $> 120 \text{ m}^3/\text{s}$.

• Otpadne vode TIR-a:

El. +Zl.+Reg.: $66.000 \text{ m}^3/\text{god}$; Na cementaciju

$\text{H}_2\text{SO}_4 \approx 4720 \text{ t/god}^{-1}$

$\text{Cu} \approx 210 - 240 \text{ t/god}$;

$\text{Ni} \approx 20-25 \text{ t/god}$

$\text{As} \approx 41 \text{ t/god}$

Šteta po okolinu neprocenjiva!

Šteta po kompaniju (bakar + voda): 1.8-2 miliona €!

A MOŽE I DRUGAČIJE: AKTIVNI TRETMAN RUDNIČKIH VODA

➤ **Fizičke metode prečišćavanja:**

- **bistrenje**; dezinfekcija; hladjenje;

➤ **Hemijske metode prečišćavanja:**

- **Precipitacija**
- **Neutralizacija;**
- Oksidacija,;
- Redukcija.

➤ **Fiziko-hemijske metode prečišćavanja:**

- **Adsorpcioni/hemisorpcioni postupci; biosorpcija,**
- Ekstrakcioni postupci (SX, Pertrakcija, ;
- Flotacioni postupci;
- Membranski postupci (dijaliza ,reversna osmoza, tečne membrane , ...);
- Elektrohemijski postupci (EW, elektrodijaliza,, elektroflotacija, ...)

➤ **Biohemijske metode prečišćavanja:**

Kombinovane metode prečišćavanja;

KAKAV JE DOMET POJEDINIH AKTIVNIH METODA ZA UKLANJANJE JONA METALA IZ RUDNIČKIH I OTPADNIH VODA?

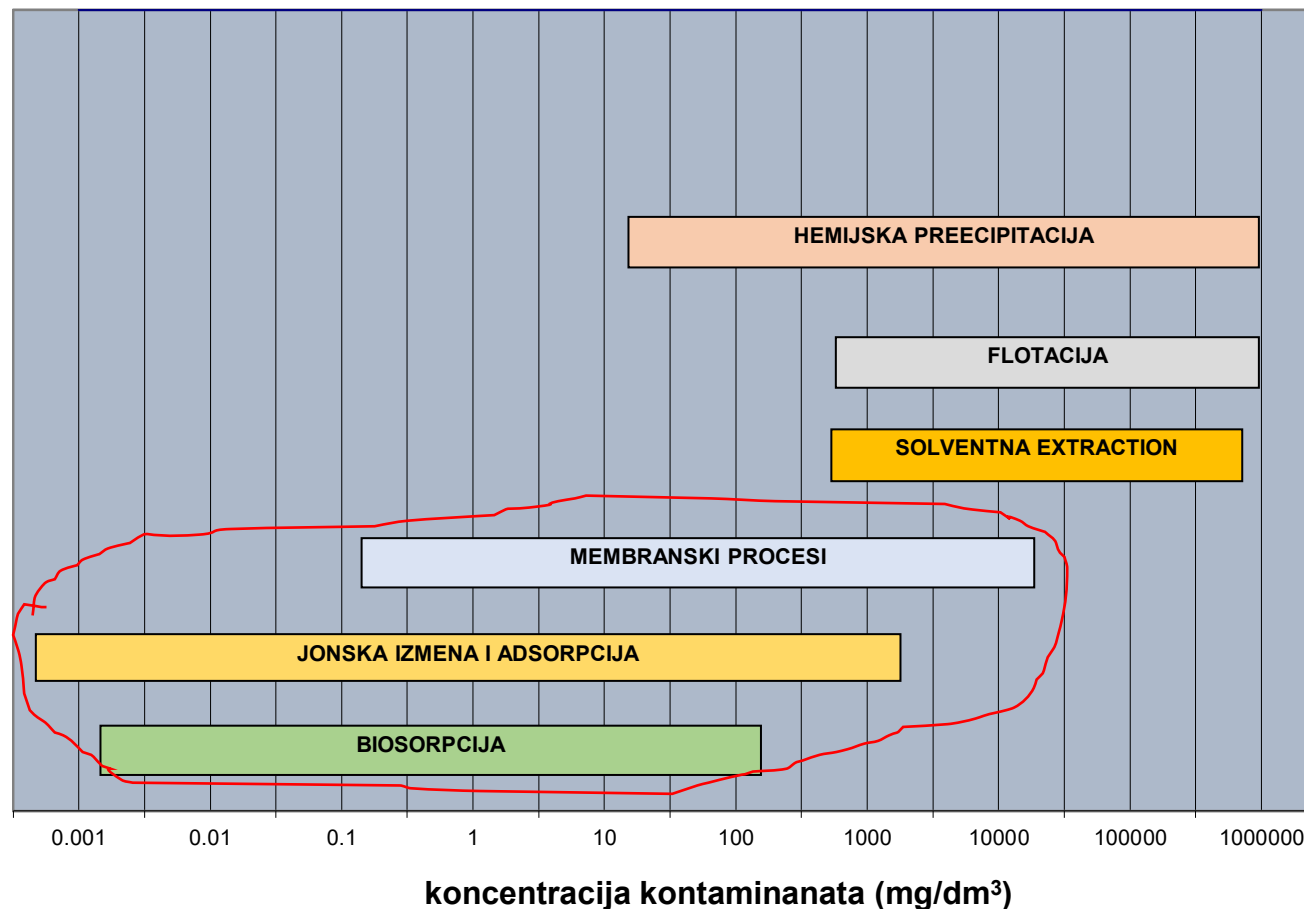
Danas se nude separacioni/koncentracioni postupci za prečišćavanje industrijskih i rudničkih voda, koji su u stanju da nivo polutanata u njima redukuju do koncentracije da se može ispustiti u neki vodotok.

Ili da se, kao tehnička voda, reciklira negde u proces dobijanja bakra.

To su različiti membranski i jonoizmenjivački postupci, u kombinaciji sa klasičnim postupcima, koji im prethode (priprema)

i oni koji slede (postupci dobijanje konačnog proizvoda – metala, ili jedinjenja).

Svi oni imaju svoju primenljivost, svoje domete u prečišćavanju, konsekvntno i svoju cenu.



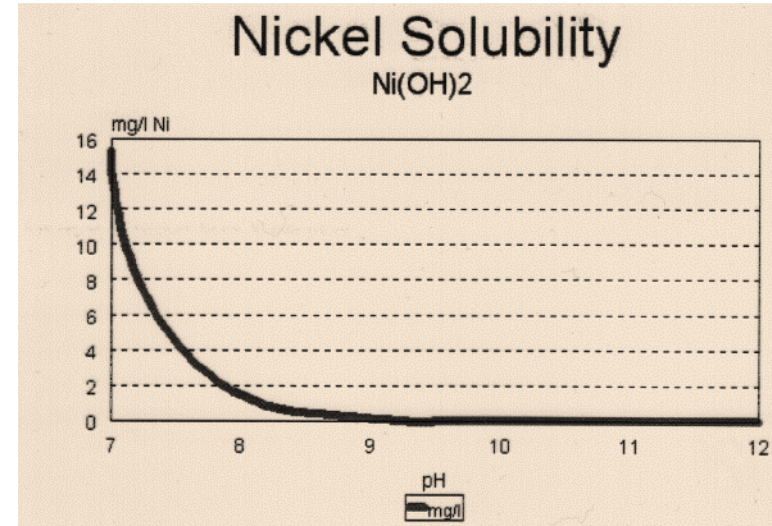
PRECIPITACIJA - DOBRE I LOŠE STRANE PRECIPITACIJE

DOBRE STRANE:

- Reakcija precipitacije jona je brza i potpuna. Ciljani metal/metali može da se ukloni iz otpadne vode gotovo kvantitativno, ukoliko se obezbede optimalni uslovi (pH u slučaju precipitacije jonima).
- Tehnologija je dosta jednostavna – investiciona ulaganja nisu velika.
- Pogodna za tretiranje malih, kao i za velike količine voda.

MANE:

- Zastarela tehnologija! Neselektivna.
- Zahteva nepovratnu upotrebu hemikalija. Nekad skupih.
- Nastali mulj mora de se, nakon razdvajanja faza, odložiti na deponiju (što poskupljuje investiciona ulaganja), ili da se dalje procesira, kako bi se valorizovale korisne komponente. Deponija zahteva servisiranje, što podrazumeva dodatne operativne troškove.
- SVE VIŠE SE ZAMENJUJE FIZIKO-HEMIJSKIM METODAMA.



PREČIŠĆAVANJE RUDNIČKIH VODA CEMENTACIJOM – NAJSTARIJI POSTUPAK DOBIJANJA BAKRA IZ RUDNIČKIH VODA

Cementacija:

- $\text{Cu}^{2+} + \text{Fe} = \text{Cu} + \text{Fe}^{2+}$
- $2\text{H}^+ + \text{Fe} = \text{H}_2 + \text{Fe}^{2+}$
- $\text{Fe}^{3+} + \text{Fe} = 2 \text{Fe}^{2+}$
- I ovo malo prečišćavanja danas ne može se tako nazvati sa stanovišta očuvanja vodotokova. Nešto malo bakra jeste uklonjeno iz voda, ali je ubačena ekvivalentna, ili čak i veća količina jona železa!! Izlazna koncentracija bakra iz postrojenja sa jonskom izmenom takodje je visoka, zbog prečišćavanja u jednom stupnju, mada je stepen uklanjanja bakra preko 90 - 95%. Ovo znači da, uz pretpostavku o ulaznoj koncentraciji bakra od 0.5 g/dm^3 , što smatraju optimalnom koncentracijom, u vodotok ne otiče voda sa koncentracijom većom 5000 puta od MDK nego, recimo 250 – 500 puta, a nivo jona železa se povećao za 2 – 3 puta!
- Jasno je da ovakvo, višedecenijsko, stanje nije održivo, zbog sve jačih pritisaka, kako zakonske regulative, tako i međunarodne zajednice, za smanjenjem prekograničnog zagađenja Dunava, Timoka i podzemnih voda teškim metalima i sumpornom kiselinom.
- Sa jačanjem svesti o zaštiti okoline, ali i pojačanoj potrebi za vodom i racionalnom gazdovanju njome, pritisci će se pojačavati, praćeni odgovarajućim sankcijama.
- Na drugoj strani, danas se nude napredne tehnologije za prečišćavanje industrijskih i rudničkih voda, koje su u stanju da nivo polutanata u njima redukuju do koncentracije da se može, ili ispustiti u neki vodotok, ili se, kao tehnička voda, reciklirati negde u proces dobijanja bakra.

LUŽENJE DEPONIJA I RUDARSKIH RADOVA- TRETMAN LUŽNOG RASTVORA

Significant amount of out of balance ores ($>23 \cdot 10^6$ t), containing approximately 0.2% of copper are disposed on the heap nearby the open pit Cerovo. We could consider that from the above amount, almost $\approx 50\%$ is oxide copper, easy leachable. This copper has partly been leached out and has been lost as mine waters. The remaining part will be spontaneously be leached with time damaging as before, surface waters in the mine surrounding.

Open pit Cerovo (about 5 million tons of ore has not excavated).

There are edges and benches of not excavated ore of approximately 40 % of explorable ore reserve. The amount of copper that could be leached „in situ“. Is not known and has to be determined.

HEAP LEACHING AT THE BUTCHIM COPPER MINE MACEDONIA!

- Huge inventories of ore need to be kept under leach. Several hundreds thousand tons of ore make a heap. For dumps it is several millions tons.
- A sizeable footprint is needed.
- Huge volume of leaching solution is involved into the process.
- Remarkable amount of solution inventory, as: pumps, pipes, fittings, nozzles for watering, as well as lining material is needed.
- During the time, new quantities of ore are being stacked on the top of already spent heaps.



PHOTOS TAKEN AT THE BUTCHIM COPPER MINE

DUMP LEACHING-ION EXCHANGE -SOLVENT EXTRACTION-ELECTROWINNING (DL-IX-SX-EW) PLANT - BUTCHIM MACEDONIA



Prepared for INTERPROM by Premiatec Ltd., BG, 1756 Sofia

WHAT WE CAN GET INTRODUCING THE LEACHING PROCESS IN THE RTB COPPER MINES?

COPPER POTENTIAL AND CURRENT COPPER LOSSES COULD BE CONVERTED IN A PROFIT



+



+



=



+ **VODA** (RECIKLIRA SE U PROCES!)

Proizvodni troškovi bi bili manji nego u Bučimu, jer:

Bili bi niži troškovi formiranja gomile;
Cena sumporne kiseline bila bi niža;
Niski bi bili transportni troškovi H_2SO_4
Koristili bi se efluenti Elektrolize koji nose bakra oko 210 – 240 t/god;
i sumporne kiseline oko 4700 – 5000 t/god.

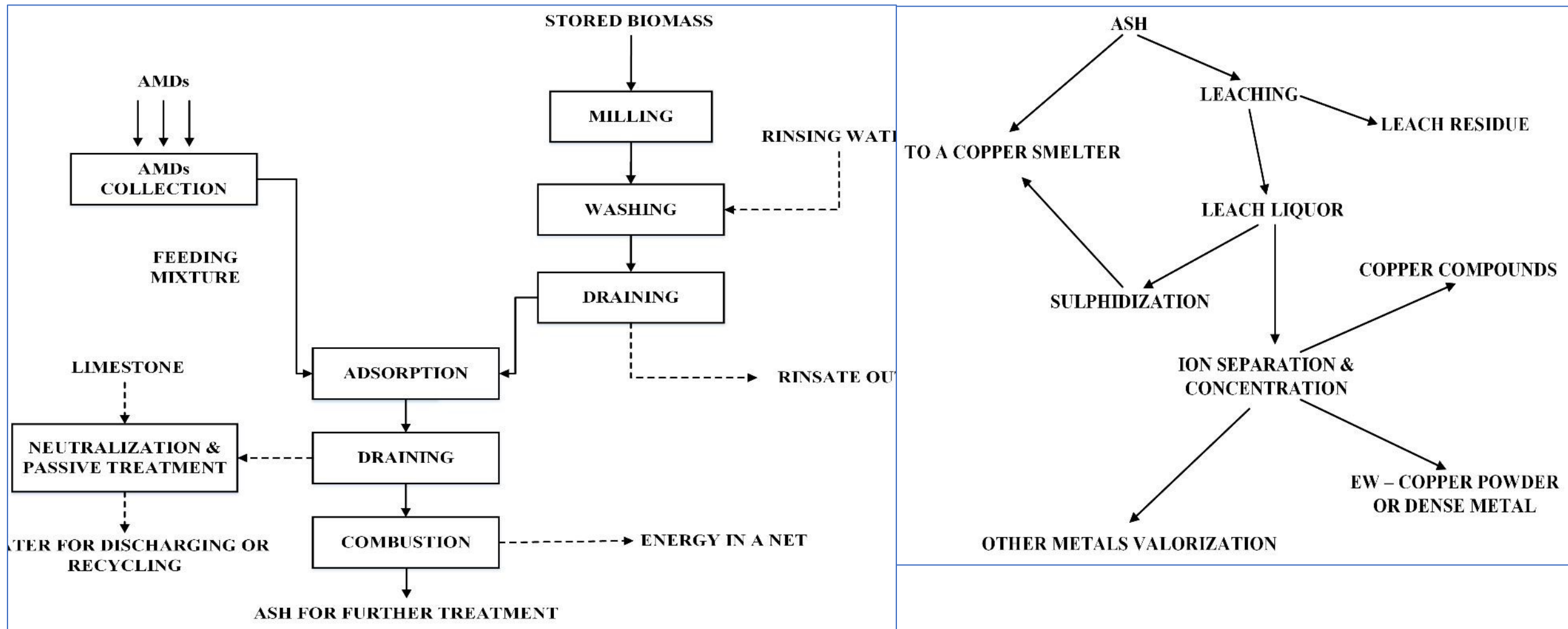
Dovoljna količina rudničkih voda za formiranje i održavanje lužnog rastvora

UBRZAVA SE I KONTROLIŠE PROCES LUŽENJA KOJI SADA POSTOJI.

PO ZAVRŠETKU LUŽENJA DEPONIJA MOŽE SE REKULTIVISATI!

Investiciona ulaganja u Postrojenje kapaciteta oko 2.000 - 3.000 t/god Cu iznose oko 11,000.000 \$ US [BUČIM].

INTEGRISANJE PROIZVODNJE ZELENE ENERGIJE I BIOSORPCIJE – *JEDNA OD TEHNOLOGIJA BUDUĆNOSTI ZA TRETMAN RUDNIČKIH VODA*



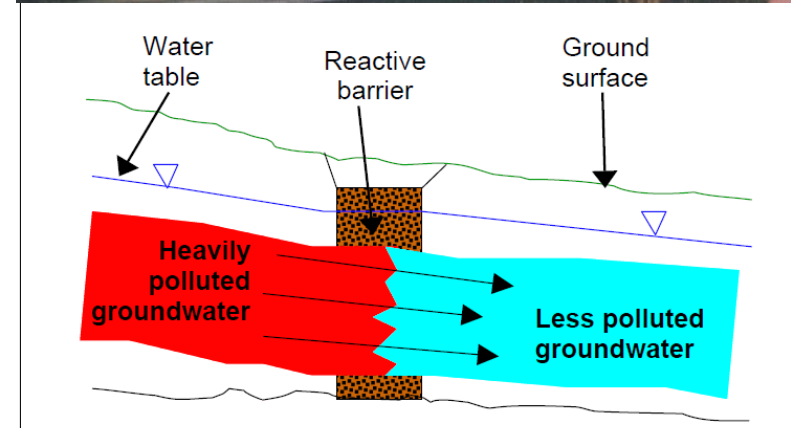
THE FINAL STAGE OF MINE WATERS TREATMENT

PASSIVE TREATMENT OF MINE WATERS CONTAINING SIGNIFICANT CONCENTRATION OF FERRIC/FERROUS IONS



wetland system at St Helen Auckland¹³, County Durham, UK

*PIRAMID Design Guidelines v. 1.0 Sept. 2003



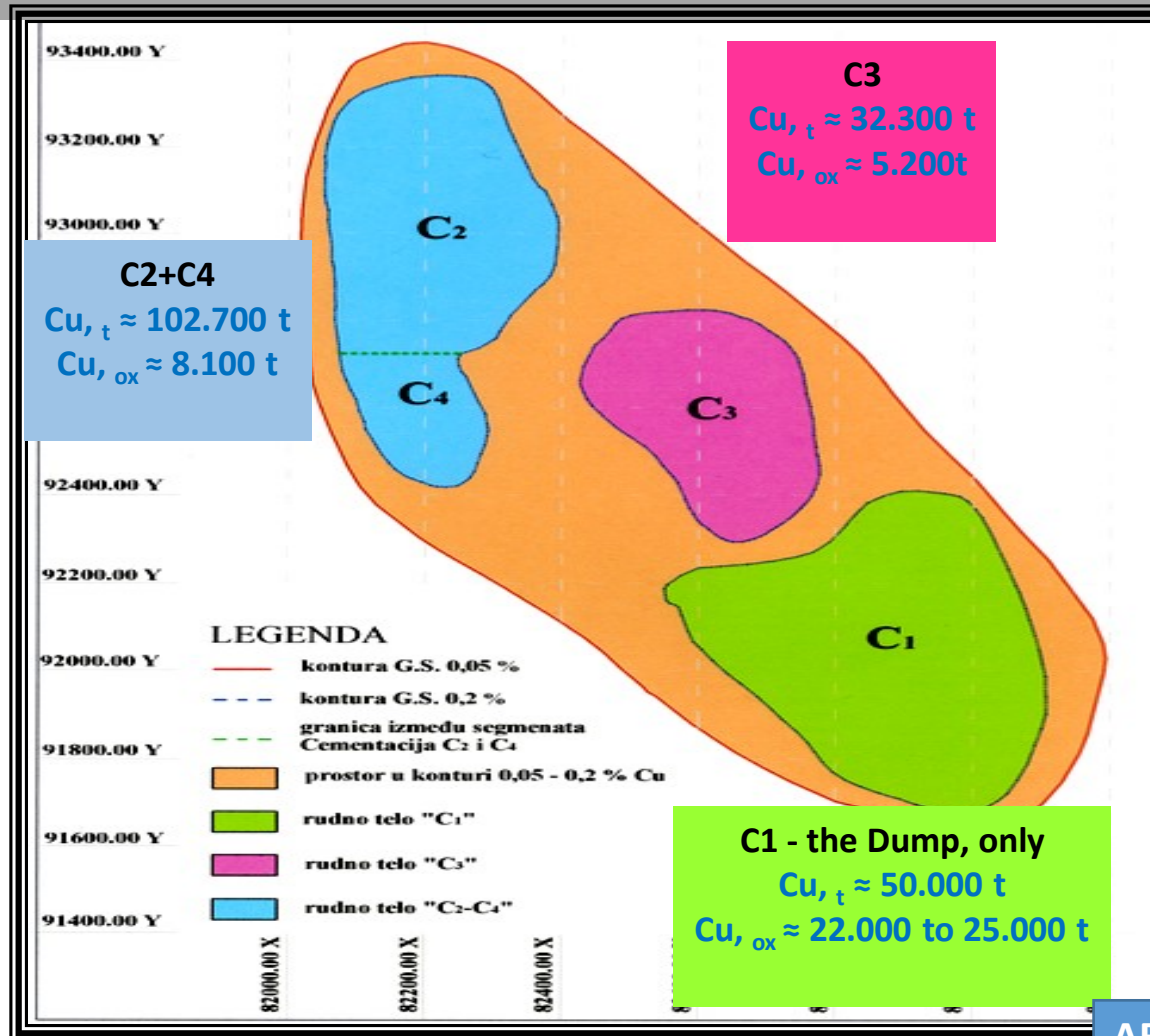
Younger, P.L. (2002) Coalfield closure and the water environment in Europe. *Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy (Section A: Mining Technology)*, **111**, A201 - A209.

The following scientists and specialists have deeply been involved into the problems considered through this lecture:

- *Prof. G. Bogdanović, TF Bor;*
- *Prof. M. Žikić, TF Bor*
- *Prof. S. Šerbula, TF Bor*
- *Docent M. Gorgievski, TF Bor*
- *Dr. D. Božić, IMM Bor*
- *M. Sc. D. Antić, TF Bor*
- *Dr. V. Milošević, ITNMS*
- *Dr. M. Sokić, ITNMS*
- *D. Milićević, RBB Bor*
- *V. Cvetanovski, TIR Bor*
- *S. Tasić, TIR Bor*
- *and me – Prof. V. Stanković, TF Bor*

HVALA NA PAŽNJI!

WHAT HAPPENS NOWADAYS: ORE BODY C2 IS OPENED SOON



All the ore bodies have similar mineralogical and chemical composition. In vertical profile three zones are recognizable: *cementation zone, transient and Primary ore zone.*

Going from the top deeper oxide fraction decreases while sulphide fraction increases

ARE WE READY TO SACRIFY > 35.000 t OF OXIDE COPPER USING THE EXISTING TECHNOLOGY OF ORE PROCESSING IN RTB BOR?

* Study on geological characterisation of „Kraku Bugaresku – Cementacija“ copper field; IRM, Bor; 2007

BIOSORPCIJA I SAGOREVANJE BIOSORBENTA - LABORATORIJSKA ISPITIVANJA

