



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

19210 Бор, Зелени булевар 35

Тел:(030)432-299;факс:(030)435-175;Е-

mail:institut@irmbor.co.rs



Datum: 21.12.2021..god.

## НАУЧНОМ ВЕЋУ ИНСТИТУТА ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

**Предмет:** Покретање поступка за валидацију и верификацију техничког решења

Према Правилнику о стицању истраживачких и научних звања "Службени гласник РС", број 159 од 30. децембра 2020.) обраћам се Научном већу Института за рударство и металургију Бор са молбом да покрене поступак за валидацију и верификацију техничког решења М-85 под називом:

ТЕХНИЧКО И РАЗВОЈНО РЕШЕЊЕ  
(Ново техничко решење – није комерцијализовано)  
(М 85)

### ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ

Установа /Аутори решења:

**Институт за рударство и металургију Бор, Република Србија**

др Силвана Димитријевић, виши научни сарадник, др Радмила Марковић, виши научни сарадник, др Љиљана Аврамовић научни сарадник, др Миле Бугарин, научни саветник, др Александра Ивановић, виши научни сарадник, Вања Трифуновић, истраживач сарадник

Предложено техничко решење је резултат реализације пројеката финансијски подржаног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, уговор бр. 451-03-9 / 2021-14 / 200052 и научно-техничке сарадње са Металфер Група, Сремска Митровица, Република Србија.

Предложено техничко решење припада научној области: Уређење, заштита и коришћење вода, ваздуха и земљишта.

За рецензенте предлажем:

1. др Срба Младеновић, ванредни професор, Технички факултет У Бору, Универзитет у Београду
2. др Сузана Величковић, научни саветник, Институт за нуклеарне сировине Винча, Универзитет у Београду

**Подносилац захтева:**

  
Др Силвана Димитријевић, виши научни сарадник



ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ  
Број: X/5.  
Од 27.12.2021.

На основу Правилника о стицању истраживачких и научних звања („Сл. гласник РС“ 159/20), Научно веће Института за рударство и металургију Бор је на X-ој седници одржаној дана 27.12.2021. године донело:

**ОДЛУКУ**  
*о покретању поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења*

**I**

На захтев др Силване Димитријевић, вишег научног сарадника Института за рударство и металургију Бор, Научно веће је донело Одлуку о покретању поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом:

*„Електролитичко добијање цинка из отпадне прашине електролушне пећи“*

аутори:

- 1) др Силвана Димитријевић
- 2) др Радмила Марковић
- 3) др Љиљана Аврамовић
- 4) др Миле Бугарин
- 5) др Александра Ивановић
- 6) Вања Трифуновић

Предложени рецензенти:

1. проф. др Срба Младеновић, ванредни професор, Универзитет у Београду, Технички факултет у Бору
2. др Сузана Величковић, научни саветник, Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке “Винча” Београд



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**

*А. Костић*  
др Ана Костов, дипл. инж. мет.

Научни саветник



## ТЕХНИЧКО РЕШЕЊЕ

Novo tehničko rešenje (nije komercijalizovano)

(M 85)

# ELEKTROLITIČKO DOBIJANJE CINKA IZ OTPADNE PRAŠINE ELEKTROLUČNE PEĆI

U Boru, 21.12.2021.

**Autor:**

Dr Silvana Dimitrijević, viši naučni saradnik

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor



**Prijava tehničkog rešenja sadrži:**

- 1) ime i prezime autora rešenja;
- 2) naziv tehničkog rešenja;
- 3) ključne reči;
- 4) za koga je rešenje rađeno (pravno lice ili grana privrede);
- 5) godinu kada je rešenje kompletirano;
- 6) godinu kada je počelo da se primenjuje i od koga;
- 7) oblast i naučnu disciplinu na koju se tehničko rešenje odnosi;
- 8) problem koji se tehničkim rešenjem rešava;
- 9) stanje rešenosti tog problema u svetu;
- 10) opis tehničkog rešenja;
- 11) tehničku dokumentaciju (osim za genske probe gde je potrebno dostaviti dokaze da je proba registrovana na sajtu NCBI, validan dokaz o primeni tehničkog rešenja (potvrda ustanove/kompanije koja ga koristi i dr.), listu ranije prihvaćenih tehničkih rešenja za svakog od autora pojedinačno.



**1) ime i prezime autora rešenja;**

Dr Silvana Dimitrijević, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Dr Radmila Marković, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Dr Ljiljana Avramović, naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Dr Mile Bugarin, naučni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Dr Aleksandra Ivanović, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

Vanja Trifinović, istraživač saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**2) naziv tehničkog rešenja;**

ELEKTROLITIČKO DOBIJANJE CINKA IZ OTPADNE PRAŠINE ELEKTROLUČNE PEĆI

**3) ključne reči;**

reciklaža, elektrolitička rafinacija, cink, nečistoće

**4) za koga je rešenje rađeno (pravno lice ili grana privrede);**

Metalfer Grupa  
Rumski put 27  
22 000 Sremska Mitrovica

MB: 20993910

PIB: 10840861

Predloženo tehničko rešenje je rezultat realizacije projekta finansijski podržanog od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije, ugovor br. 451-03-9 / 2021-14 / 200052 i naučno-tehničke saradnje sa Metalfer Grup, Sremska Mitrovica, Republika Srbija.

**5) godinu kada je rešenje kompletirano;**

2021.

**6) godinu kada je počelo da se primenjuje i od koga;**

Novo tehničko rešenje testirano u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor i nije komercijalizovano.

## 7) област i naučnu disciplinu na koju se tehničko rešenje odnosi;

Tehničko rešenje pripada областima:

- uređenje, zaštita i korišćenje voda, vazduha i zemljišta

Naučna disciplina: tehnološko inženjerstvo.

## 8) problem koji se tehničkim rešenjem rešava;

Proizvodnja sirovog čelika na svetskom nivou odvija se u dva pravca: prerada primarnih sirovina, prvenstveno rude oksida gvožđa, topljenjem u kiseoničnoj peći (Basic Oxygen Furnace - BOF) i prerada sekundarnih sirovina na bazi gvožđa topljenjem u elektrolučnoj peći (Electric Arc Furnace - EAF). Obe tehnologije imaju negativne uticaje na životnu sredinu. Skoro 30% sirovog čelika proizvedenog u svetu koristi EAF peći. U toku ovog procesa stvara se značajna količina prašine, oko 15-20 kg po toni čelika, koja sadrži cink (Zn), olovo (Pb) i kadmijum (Cd) zajedno sa gvožđem (Fe) i klasifikuje se prema Evropskim propisima kao opasan otpad.

Činjenica da prašina iz elektrolučne peći predstavlja opasan proizvodni otpad i da iz ekoloških razloga nije moguće njeno odlaganje, ukazuje na potrebu za njeno prevođenje u neopasan otpad koji je moguće zbrinuti bez naknadnog štetnog delovanja na životnu sredinu.

Razvojem ekološke svesti i unapređenjem zakonskih propisa kojima se osigurava zaštita životne sredine, rešavanje problema prašine iz elektrolučne peći kao opasnog proizvodnog otpada ima ekološki i ekonomski značaj.

## 9) stanje rešenosti tog problema u svetu;

Postoji veliki broj istraživanja u svetu za rešavanje problema koji predstavlja EAF prašina što je i rezultiralo razvojem različitih procesa za njen tretman. Istraživanja su usmerena na dva različita aspekta: izdvajanje prisutnih teških metala i razvijanje procesa za ekološki tretman u cilju dobijanja neopasnog otpada koji se može odložiti na bezbedan način.

Dostupna literaturna istraživanja ukazuju na različite nivoe primenjenih razvojnih procesa: neki su primenjeni na komercijalnom nivou, neki na pilot postrojenjima, a neki su još uvek na laboratorijskom nivou.

Pirometalurški tretman prašina nastalih topljenjem u elektrolučnoj peći smatra se ekonomičnim ukoliko je godišnja proizvodnja EAF prašine preko 100 000 tona. Opšte je poznato da hidrometalurški procesi imaju znatno niže kapitalne i operative troškove u odnosu na pirometalurške i mogu se instalirati in situ i ekološki su prihvatljiviji.

Preko 90% svetske proizvodnje bazira se na primeni hidrometalurških postupaka koji se odvijaju u četiri faze:

### 1. Luženje

Luženje cink oksida sumpornom kiselinom, po jednačini:



(Karakaya I., 2005.)





## 2. *Prečišćavanje lužnog rastvora*

Prečišćavanje lužnog rastvora vrši se postupcima cementacije i neutralizacije i ima za cilj uklanjanje bakra, nikla, kobalta, kadmijuma, gvožđa, hroma i drugih nečistoća u cilju pripreme elektrolita za elektrolitičko izdvajanje cinka, koji je po pitanju nečistoća jako osjetljiv proces (Bajmakov V, i Žurin A., 1977. Mantell C. L. 1960.).

## 3. *Elektrolitičko dobijanje cinka iz rastvora*

Cink se iz sumporno-kiselog elektrolita dobija postupkom elektrovinina na aluminijumskim katodama uz korišćenje olovnih anoda. Svakih 24 do 48 sati svaka ćelija se isključi iz strujnog kola, vade katode na kojima je deponovan cink, iste peru, a cink se mehanički odstranjuje sa aluminijumskih ploča. Proces se odvija na temperaturama od 30 do 35°C. Deo elektrolita kontinuirano cirkuliše i koristi se za luženje nove količine cink oksida (Popov K. i Grgur B., 2002., Mantell C. L. 1960.).

Postoje dva procesa elektrolitičkog dobijanja cinka: postupak niske gustine struje i Taintonov proces visoke gustine struje. U tabeli 1 prikazani su elektrolitički postupci za dobijanje cinka u svetu sa osnovnim karakteristikama procesa (Mantell C. L. 1960.).

## 4. *Topljenje i livenje elektrolitičkog cinka*

Poslednja faza u procesu hidrometalurškog procesa proizvodnje cinka je topljenje elektrolitičkog cinka uz dodatak  $\text{NH}_4\text{Cl}$  i livenje u ingote (Lenhard Z. 2008.).

**Табела 1. Електролитичко добивање цинка (svetska praksa)**

Parametri procesa	Anaconda Copper Mining Company, Great Falls, Mont.	Elektrolytic Zinc Co. of Australasia Ltd., Risdno, Tasmanija	Hudson Bay Mining and Smelting Cio., Ltd. Flin Flon, Mantioba	Sullivan Mining Company, Kellogg, Idaho	American Smelting and Refining Co., Corpus Christi, Tex.	American Zinc Company of Illionois, Monsato
<b>Elektrolit</b>						
Gustina (g/cm <sup>3</sup> )	1,25-1,30	1,33	1,33	1,35	-	1,33
Koncentracija Zn na ulazu (g/l)	110-120	110	132	215	172	135
Koncentracija Zn na izlazu (g/l)	45	46	54	-	56	50
Koncentracija H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> na izlazu iz ćelije (g/l)	100-110	100	115	22-27%	200	105-119
Temperatura (°C)	40	35	23-35 (сва 27,6)	30-35	36	38-42

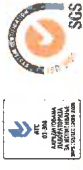


Punjenje ćelije	Kaskadno i pojedinačno	Kaskadno i pojedinačno	Kaskadno i pojedinačno	Šarže (varijabilne)	Kaskadno i pojedinačno	Kaskadno i pojedinačno	Kaskadno i pojedinačno
Cirkulacija (l/min)	22,7	Nema (brzina punjenja 4,54 l/min)	Po ćeliji: 1,33	37,85	Po ćeliji: 1,33	37,85	Po ćeliji: 2,16
<b>Struja</b>							
Gustina struje (A/dm <sup>2</sup> )	3,24	3,24	4,06	10,8	4,06	6,48	3,94
Napon (V)	3,7	3,55	3,57	3,4	3,57	3	3,25
Iskorišćenje struje (%)	90	92-93	93,1	88-93	93,1	84,7	88-90
kWh/kg Zn	3,52	3,45	3,54	3,41	3,54	3,26	3,09
<b>Anode</b>							
Sastav	Pb		Pb+1%Ag	Legura Pb		Pb+Ag	Pb+1%Ag
Dimenzije (cm)	114,3x62,2x0,476	114,6x58,4x0,952	108x58,4x0,493	81,3x53,3x0,476	108x58,4x0,493	78,8x49,8x0,493	59,7x102,8x0,63 5
Masa (kg)	46,8	79,9	61,3				27,3

**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР**

 Зелени булевар 35, п.ф.152  
 19210 Бор, Србија

**MINING AND METALLURGY INSTITUTE BOR**

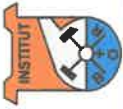
 35 Zeleni bulevar, POB 152  
 19210 Bor, Serbia


Тел: +381 (0) 30-436-826 \*Факс: +381 (0) 30-435-175 \* Е-mail: institut@irmbor.co.rs

ПИБ : 100627146 \* МБ : 07130279 \*Жиро рачун: 160 - 42 - 434 -38

Наћин већања	Ливене око Cu носаћа	Ливене око Cu носаћа	Ливене око Cu носаћа	Ливене око Cu носаћа	Приварене на шћипку носаћа	Олово изливено око носаћа
Razmak (cm)	7,62	7,62	8,88	3,49	7,62	7,62
Konstrukcije	Puna, livena	Puna	Puna	50% perforirano	Rešetkasta	Valjajni, perforirani lim
Vek trajanja (meseци)	3	2,5-3	3+			3
<b>Katode</b>						
Sastav	Al	Valjajni Al lim	Al lim	Al ploče	Valjajni Al lim	Valjajni, perforirani lim
Dimenzije (cm)	114,3x60,9x0,476	114,3x63,5x0,635	78,8x60,9x0,317	68,6x53,5	91,4x53,3x0,476	106,6x60,9x0,556
Vek trajanja (meseци)		2-3	31 mesec			2
Наћин већања	Nitovane за Cu носаћ	2 nosaća nitovana bakrom	Zavareno на Al носаћ са Cu umetkom на dodiru са elektrolitom	Olovom pokrivени drвени окvири	Zavareno на Al носаћ	Zavareno на Al носаћ

**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР**

 Зелени булевар 35, п.ф.152  
 19210 Бор, Србија

**MINING AND METALLURGY INSTITUTE BOR**

 35 Zeleni bulevar, POB 152  
 19210 Bor, Serbia


Тел: +381 (0) 30-436-826 \*Факс: +381 (0) 30-435-175 \* Е-mail: institut@irmbor.co.rs

ПИБ : 100627146 \* МБ : 07130279 \*Жиро рачун: 160 - 42 - 434 -38

Vadi se nakon (h)	24	72	24	8-12	24	24
Masa (kg)	2 lima po 5,0	20,4 sa nosačima				2 lima po 5,0
Čelije za elektrolizu						
Broj	1 248	4 jedinice, svaka 144	840	450	320	372
Dimenzije (cm)	312x86,3x144,7		221x86,3x106,7	190,5x76,2x114,3	213,4x76,2x1372	244x147,3x86,3
Broja anoda/katoda	33/32	44/45	18/17	24/12	25/24	28/27
Konstruktivni materijal	Beton obložen olovom	Drvo prevučeno olovom		Drvo prevučeno olovom	Beton obložen olovom	Armirani beton obložen olovom
<b>Mulj u čeliji</b>						
Sastav	MnO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub> , Zn 4,3%, Mn 39,8%, Pb 3,55%	MnO <sub>2</sub> , Gips Mn 15%	MnO		MnO <sub>2</sub>



## 10) opis tehničkog rešenja;

U našoj zemlji jedino kompanija Metalfer Beograd poseduje železaru Metalfer Steel Mill (MSM) u Sremskoj Mitrovici koju čini Topionica za topljenje sekundarnih sirovina gvožđa kapaciteta 500.000,00 t metala i Valjaonica betonskog čelika kapaciteta 500.000 t/god.

U toku procesa topljenja sekundarnog gvožđa u elektrolučnoj peći generiše se oko 8.000,00 t/god EAF prašine koja pripada kategoriji opasnog industrijskog otpada jer sadrži cink, olovo, kadmijum, i samim tim predstavlja ozbiljan ekološki problem po životnu sredinu.

Od strane kompanije Metalfer Steel Mill dobijen je zahtev za razradu tehnologije za tretman opasnog otpada generisanog u železari Metalfer Steel Mill u Sremskoj Mitrovici što je predstavljalo polaznu ideju za razmatranje ove problematike kao konkretnog problema nastalog u privredi. Obzirom na značajno prisustvo cinka u EAF prašini koji iznosi 20-35 % Zn, razrađen je tehnološki postupak u cilju valorizacije cinka do proizvoda koji imaju komercijalni kvalitet (cink-sulfat ili cink - blok 99,99%) uz dobijanje sporednih komercijalnih proizvoda koji sadrže Co, Ni, Cu, Pb, Ag, a ostatak preveden u neopasan otpad kako bi se eliminisao štetan uticaj na životnu sredinu. Takođe, važno je istaći da ovaj konkretan i kompleksan problem, koji potiče iz privrede, iz procesa proizvodnje čelika gde se generiše EAF prašina koja pripada kategoriji opasnog otpada, predstavlja ozbiljan ekološki problem i za sada nema adekvatnog tehnološkog rešenja.

Ispitivanja su obuhvatila detaljnu karakterizaciju sirovine, eksperimentalna laboratorijska ispitivanja luženja cinka iz EAF prašine, prečišćavanje dobijenih lužnih rastvora u cilju dobijanja elektrolitičkog cinka. Istraživanja su urađena u Institutu za rudarstvo i metalurgiju u Boru, prvo na laboratorijskom nivou, a zatim je izvedeno testiranje na uvećanom laboratorijskom nivou.

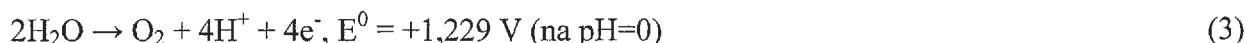
### 10.1 Teorijske osnove elektrolitičkog dobijanja cinka

Postupak dobijanja cinka elektrolizom iz rastvora cink-sulfata se danas sve više koristi, pošto se ovim postupkom dobija cink čistoće 99,99 mas%. Pri elektrolizi cink-sulfata, osnovne reakcije na elektrodama su:

#### **Katoda (taloženje cinka):**



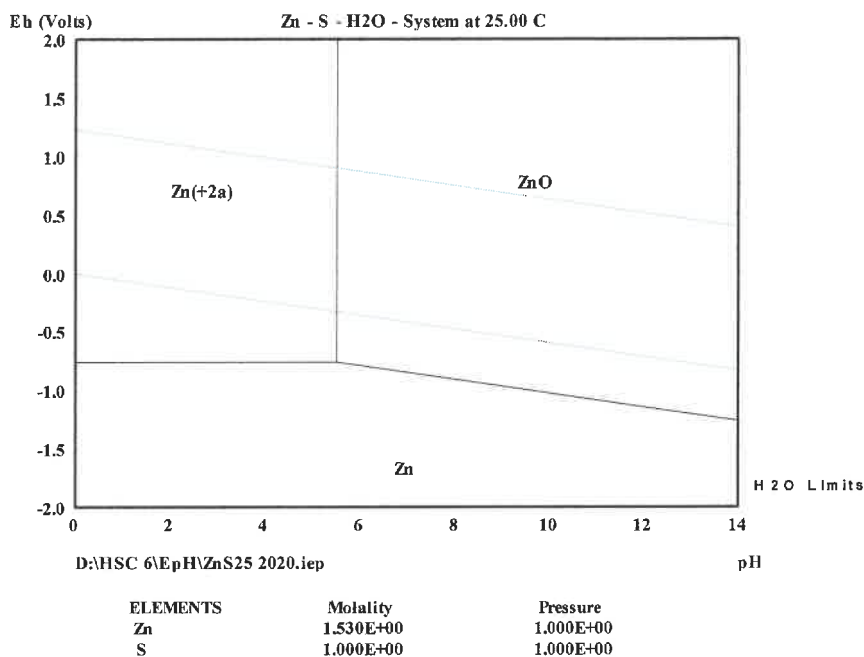
#### **Anoda (izdvajanje kiseonika na nerastvornoj anodi):**



Sumarna reakcija je:



Cink iz vodenih rastvora teorijski ne bi mogao da se taloži na katodi jer ima negativniji potencijal izdvajanja (-0,76 V) od vodonika (0,00 V), koji bi kao elektropozitivniji trebao da se prvi taloži. Ali, kao posledica prenapetosti vodonika na cinkovoj ili aluminijumskoj katodi, u kiseloj sredini vodonik postaje elektronegativniji (-0,90 V) pa je izdvajanje cinka moguće. Na slici 1 prikazan je E-pH dijagram za sistem Zn-S-H<sub>2</sub>O na 25°C:



*Slika 1. E-pH dijagram za sistem Zn-S-H<sub>2</sub>O na 25°C za reakciju:  $Zn^{2+}(aq) + 2e^- \leftrightarrow Zn(s)$ ,  $E = -0,758 V$  (za  $c(Zn^{2+})=100 g/dm^3$ )*

Sa slike 1, na kojoj je prikazan E-pH dijagrama za sistem Zn-S-H<sub>2</sub>O na 25°C može se zaključiti da je depozicija cinka moguća samo zbog prenapetosti (nadnapona) vodonika u odnosu na cink. Dijagram je nacrtan u HSC programu za početne koncentracije: Zn = 100 g/dm<sup>3</sup> (HSC Chemistry 6.1 software, developed by Outotec (Finland) Oy., 2007). Uslovi gde je koncentracija H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = 100 g/dm<sup>3</sup>, približno odgovaraju pH=0 (preciznije ≈ 0,5 računajući aktivnost vodoničnih jona pri toj koncentraciji H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). Sa smanjenjem koncentracije cinka u elektrolitu sve su niži potencijali pri kojima se cink deponuje na katodi.

**Elektroliza cinka je iz ovog razloga ekstremno osetljiv proces posebno na nečistoće koje su elektropozitivnije od cinka.** Ovi metali talože se zajedno sa cinkom i formiraju katodne površine sa niskom prenapetošću izdvajanja vodonika. Na formiranim katodnim površinama (uključcima) metala na cinku ne samo da dolazi do burnog izdvajanja vodonika, već i do rastvaranja (korozije) već istaloženog cinka po mehanizmu lokalnih galvanskih spregova. Ove primese, kao što su bakar, germanijum, bizmut i antimon, mogu ne samo da smanje iskorišćenje struje već i da potpuno spreče reakciju (Lenhard Z. 2008.; Mantell C. L. 1960.; Popov K. i Grgur B., 2002.).

Nečistoće koje prate rude cinka se prema načinu odvajanja mogu podeliti u tri grupe:

1. Fe, Si, Al, As, Sb, Bi, Ge, Sn,
2. Cu, Cd, Ni, Co
3. Pb, Ag, SiO<sub>2</sub> (Popov K. i Grgur B., 2002.).

**Elektrolit za dobijanje cinka mora da bude gotovo potpuno oslobođen nečistoća pre ulaska u elektrohemijski reaktor.** Nečistoće se uklanjaju procesima cementacije i neutralizacije.





Nečistoće prisutne u elektrolitu mogu se podeliti na:

- *Elektropozitivniji elementi od cinka* (Cu, As, Sb, In, Te i Ge) prisutni u elektrolitu, talože se sa cinkom na katodi, dovodeći do rastvaranja cinka i do pojave rupa na depozitu. Ove nečistoće smanjuju i iskorišćenje struje, pa se smatraju najštetnijim nečistoćama (Lenhard Z. 2008.; Mantell C. L. 1960.; Popov K. i Grgur B., 2002.).

- *Nečistoće sa elektrodnim potencijalom (redukcije) između potencijala  $Zn^{2+}$  i  $H^+$* . Za nečistoće kao što su (Pb, Cd, Ta i Sn) nadnapon izdvajanja vodonika je viši (pozitivniji) od potencijala cinka pa se ovi metali talože na katodi (Lenhard Z. 2008.; Mantell C. L. 1960.).

- *Nečistoće kao što su Fe, Co i Ni, čiji je nadnapon niži nego kod cinka* takođe se talože sa cinkom na katodi ali se lako rastvaraju u kiselom elektrolitu. Ova grupa nečistoća takođe smanjuje i iskorišćenje struje (Lenhard Z. 2008.; Mantell C. L. 1960.).

U tabeli 2 prikazane su maksimalno dozvoljene koncentracije nečistoća u elektrolitu i njihov uticaj na katodni depozit cinka.



**Табела 2. Максимално дозвољене концентрације нечистоћа у електролиту и њихов утицај на катодни депозит**

Element	Утицај на искоришћење струје	Delovanje na katodni depozit	Popov K., Grgur B., 2002. (mg/l)	Lu J. idr. 2013. (mg/l)	Sastav elektrolita iz prakse (mg/l)	Mantel 1977.	
						Uobičajna koncentracija (mg/l)	Maksimalno dozvoljena koncentracija (mg/l)
Antimon	Снижава	Sunderast i taman			0,005	1	<0,5
Arsen		Pojava naboravanja, slab sjaj					<1,0
Kobalt	Снижава	Ponovno rastvaranje (kod 10 mg/l)	1		0,2		1,0
Germanijum					0,001	0,01	0,001
Nikl	Снижава	Ponovno rastvaranje (kod 5 mg/l)	1	0,4	0,05	0,01	0,001
Bakar			1		0,1	10	<10
Kadmijum					0,2	500	50
Olovo			1			Rastvorljivost PbSO <sub>4</sub> u elektrolitu	
Gvožđe			10-20		5-10	20-40	<20
Mangan			1-10 (g/l)		2-3	3000	350
Hlor		Adhezija na Al katodama				100	<50
Fluor		Adhezija na Al katodama i korozija katodnog lima					
(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>		Povećava sadržaj Pb					
Natrijum							
Kalijum							
Kalcijum			1-10 (g/l)				
Aluminijum							
Magnezijum			1-10 (g/l)				

Za proces elektrolize cinka, osim nečistoća, od velikog značaja su i:

- Temperatura elektrolita,
- Napon,
- Gustina struje,
- Koncentracija kiseline,
- Koncentracija cinka,
- Koncentracija aditiva (tutkalo).

Temperatura elektrolita se kreće u granicama: 30-40°C, katodna gustina struje u intervalu: 400-700 A/m<sup>2</sup> (najčešće 500 A/m<sup>2</sup>), napon na ćeliji je 3,3-3,6 V uz utrošak električne energije 3.000-3. 500 kWh po toni katodnog cinka uz iskorišćenje struje od: 88-92% (Mantell C. L. 1960.; Popov K. i Grgur B., 2002.; Tuaweri T. i dr. 2013.). U elektrolit se dodaje 10-30 mg/l tutkala u cilju sprečavanja pojave dendrita i kratkih spojeva.

Početna koncentracija cinka u elektrolitu obično iznosi 100-160 g/l (Lenhard Z. 2008.; Popov K. i Grgur B., 2002.), a slobodne sumporne kiseline 100-160 g/l (Lenhard Z. 2008.; Popov K. i Grgur B., 2002.). Za proces elektrolize je jako bitno odrediti donju granicu koncentracije cinka u elektrolitu pri kojoj se dobija kompaktan depozit. Donje koncentracije cinka u elektrolitu se razlikuju i kreću se u granicama 30-40 g/l (Lenhard Z. 2008.), odnosno 45-55 g/l (Popov K. i Grgur B., 2002.). Istovremeno se povećava koncentracija slobodne sumporne kiseline na 150-200 g/l (Lenhard Z. 2008.; Popov K. i Grgur B., 2002.). Kada elektrolit dostigne donju koncentraciju cinka i gornju koncentraciju slobodne sumporne kiseline šalje se u II stepen luženja, a izvedena količina elektrolita se nadoknađuje sveže pripremljenim elektrolitom.

Dobijanje cinka iz sekundranih sirovina (cink oksidnih prašina) je praćeno povećanom koncentracijom Cl<sup>-</sup> i F<sup>-</sup> jona u elektrolitu (Nicola M. i dr., 2017.).

U slučaju hlorida, oksidacija hlorida na anodi može stvoriti zdravstvene i sigurnosne probleme u elektrolizama cinka. Iako oksidacija fluoridnih jona u fluor nije moguća na olovnim ili olovo-srebrnim anodama fluor ima izuzetno štetan uticaj zbog toga što izaziva adheziju cinka za aluminijumske katode kao i koroziju aluminijumskih katoda smanjujući im na taj način vek trajanja (Tian Z.i dr., 2017.).

Rezultati istraživanja grupe autora (Nicol M. i dr, 2017. a i b) su pokazali veću koroziju anode pri koncentraciji hlorida od 400 mg/l u odnosu na koncentraciju od 200 mg/l. Takođe je potvrđena važnost održavanja pogodne koncentracije mangana (II) u elektrolitu (1-5 g/l). Prisustvo jona mangana smanjuje štetno dejstvo hloridnih jona. U prisustvu vodonik peroksida u količinama dovoljnim da smanji koncentraciju manganovih jona i svede na minimum formiranje taloga mangana na anodi, brzina korozije se smanjuje i do koncentracija hlorida od 600 mg/l.

Bromidni i fluoridni joni, pri niskim koncentracijama ne utiču na koroziju anode. Sniženje koncentracije Cl<sup>-</sup> jona, tokom procesa, ukazuje na izdvajanje hlorida u formi: Cl<sub>2</sub> (Bajmakov V, i Žurin A., 1977.).

S obzirom na štetan uticaj hlorida i fluora na proces elektrolize cinka potrebno je u procesu prečišćavanja elektrolita smanjiti koncentracije hlorida na ispod 100 mg/l a fluora ispod 50 mg/l.

U kontinuiranim industrijskim procesima, elektrolit se postepeno obogaćuje jonima  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  i  $\text{Mg}^{2+}$ . Povećana koncentracija ovih jona dovodi do povećanja viskoznosti i gustine rastvora što pogoršava prečišćavanje pulpe i porast otpora elektrolita. Nema poznatih postupaka za njihovo uklanjanje iz sulfatnog rastvora cinka. Jedini način njihovog uklanjanja se svodi na to da se iz cirkulacije s vremena na vreme ukloni deo elektrolita. Rastvor se nakon neutralizacije podvrgava uparavanju i iz njega kristališe cink sulfat.

## 10.2 Istraživanja na laboratorijskom nivou

Ova istraživanja su rađena sa sintetičkim elektrolitom u cilju provere literaturnih parametara i sa realnim elektrolitom u cilju dobijanja cinka visoke čistoće (99,99%).

### 10.2.1 Elektrolitička rafinacija cinka iz sintetičkog rastvora

Cink sulfat heptahidrat  $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (p.a. Zorka Šabac) i tehnička sumporna kiselina (proizvođač RTB Bor) korišćeni su kao polazne sirovine za pripremu sintetičkog elektrolita. Koncentracije Zn i  $\text{H}_2\text{SO}_4$  iznosile su: 91 g/l i 107,6 g/l, respektivno. Proces elektrolitičkog dobijanja Zn vođen je u galvanostatskim uslovima za šta je korišćen ispravljач karakteristika: max 5 A i 5 V. Temperatura elektrolita odgovarala je ambijentalnoj, a mešanje elektrolita je ostvareno korišćenjem peristaltičke pumpe. Vreme trajanja procesa proračunato je na osnovu zahteva da debljina katodnog depozita cinka bude 5 mm. U tabeli 3. prikazani su tehnološki parametri elektrolitičkog izdvajanja cinka iz elektrolita EI, dobijenog od cink sulfata heptahidrata p.a. kvaliteta i tehničke  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . Ispitivanja su radjena na laboratorijskoj opremi prikazanoj na slici 2.



Slika 2. Elektrohemijski sistem za laboratorijska ispitivanja



**Tabela 3. Tehnološki parametri elektrolitičkog izdvajanja cinka iz elektrolita EI (I eksperiment)**

<b>TEHNOLOŠKI PARAMETRI</b>	
<b>Start</b>	
<b><i>Elektrolit</i></b>	
$V_{el.start}$ (l)	4,26
$m_{el.start}$ (g)	5411
$\rho_{el.start}$ (g/l)	1,270
$Zn_{start}$ (g/l)	91,0
$H_2SO_{4start}$ (g/l)	107,6
<b><i>Elektrode</i></b>	
Anoda, (š x h x d, cm)	Pb 1mm (7,0x8,5x0,1)
Broj anoda (kom)	1
Aktivna površina anode (cm <sup>2</sup> )	59,5
Katoda, (š x h x d, cm)	Al 1mm (6,0x8,0x0,1)
Broj katoda (kom)	1
Aktivna površina katode (cm <sup>2</sup> )	48,0
Masa katode na početku $m_{start}$ (g)	56,3
Raspored elektroda u sistemu	A-K
<b><i>Ostali parametri</i></b>	
Katodna gustina struje, j (A/m <sup>2</sup> )	458
Napon na ćeliji, U (V)	3,4
Jačina struje, I (A)	2,2
Temperatura elektrolita, t (°C)	20
Cirkulacija elektrolita, broj izmena V u sistemu/h	1
Vreme procesa u cilju dobijanja debljine depozita min. 5 mm, $\tau$ (h)	56,5
Elektrohemijski ekvivalent za Zn, (g/A m <sup>2</sup> )	1,219
Teorijska vrednost mase Zn depozita, $m_{teorijsk.}$ (g)	151,52
<b><i>Površinski aktivne supstance</i></b>	
Želatin (start), (mg/l)	50
Tiourea (start), (mg/l)	30
<b>Merenja tokom procesa</b>	
Želatin, (mg/l 24h)	50
Tiourea, (mg/l 24h)	30
Napon na ćeliji, U (V)	3,4 – 3,6
Jačina struje, I (A)	2,2 – 2,3



Temperatura elektrolita, t (°C)		
Sadržaj Zn i H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		
Opis	Zn, g/l	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , g/l
Analitička metoda	AAS	V
Oznaka i vreme uzorkovanja: Zn El-2, (24 h)	84,3	116,24
Sadržaj Zn i H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/l)		
<b>Merenja nakon završetka procesa</b>		
Vreme trajanja procesa elektrolize, (h)	56,5	
V <sub>el.kraj</sub> (l)	3,965	
m <sub>el.kraj</sub> (g)	4 914	
ρ <sub>el.kraj</sub> (g/l)	1,240	
Masa Al katode na kraju, m <sub>kraj</sub> (g)	185,4	
Masa Zn depozita (g)	129,1	
Debljina Zn depozita (mm)	3,5	
Masa mulja (g)	2,2	
Iskorišćenje struje, η (%)	85,2	

Za karakterizaciju katodnog depozita korišćena je SEM EDS analiza koja je pokazala da je dobijen cink čistoće 99,99% čime su potvrđeni tehnološki parametri.

### 10.2.2 Elektrolitička rafinacija cinka iz elektrolita dobijenog luženjem filterske prašine

U ovoj seriji eksperimenata ispitivan je uticaj sastava elektrolita, odnosno uticaj nečistoća na proces elektrolitičkog dobijanja cinka. U tabeli 4 prikazan je hemijski sastav elektrolita korišćenog u ovim eksperimentima, a u tabeli 5 tehnološki parametri procesa elektrolitičkog dobijanja cinka. Svi eksperimenti su izvedeni na laboratorijskoj opremi prikazanoj na slici 2. Na slici 3 prikazane su makrofotografije, a na slici 4 SEM slike katoda dobijenih iz tri različita elektrolita. U tabeli 6 prikazana je EDS analiza katodnih depozita.

Tabela 4. Hemijski sastav elektrolita dobijenih luženjem filterske prašine i pečišćavanjem lužnih rastvora

Element	Eksperimenti		
	Ex-II	Ex-III	Ex-IV
	Koncentracija, mg/l		
Al	126,3	116,3	32,4
As	n.a.	n.a.	<0,020
Ba	n.a.	0,051	n.a.
Be	0,038	0,034	n.a.
Ca	325,8	n.a.	110,5
Co	1,0	0,95	0,026
Cr	<0,10	n.a.	<0,005
Cd	1,4	n.a.	<0,008
Cu	0,055	0,11	0,035
Fe	11,4	n.a.	0,35

Mg	n.a.	1316,8	n.a.
Mn	2941,9	1486,2	1488,5
Na	459,9	n.a.	281,1
Ni	1,9	n.a.	<0,007
Sr	0,40	0,78	0,19
F <sup>-</sup>	315,0	445	508,8
Cl <sup>-</sup>	390,0	315	374,4
Pb	n.a.	n.a.	0,39
Sb	n.a.	n.a.	<0,011
<b>Element</b>	<b>Koncentracija, g/l</b>		
Zn	122,0	91,5	90,64
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	109,45	100,0	135,0

Tabela 5. Tehnološki parametri elektrolitičkog dobijanja cinka iz elektrolita dobijenih luženjem filterske prašine i prečišćavanjem lužnih rastvora

TEHNOLOŠKI PARAMETRI			
<b>Start</b>			
<b>Elektrolit</b>	Ex-II	Ex-III	Ex-IV
V <sub>el.start</sub> (l)	4,50	5,0	5,0
Zn <sub>start</sub> (g/l)	122,0	89,3	128,4
H <sub>2</sub> SO <sub>4start</sub> (g/l)	109,45	100	135
<b>Elektrode</b>			
Anoda, (š x h x d, cm)	Pb+1% Ag (7,0x8,0x0,5)	Pb+1% Ag (7,0x8,0x0,5)	Pb+1 %Ag (7,0x8,0x0,5)
Broj anoda (kom)	2	2	2
Aktivna površina anoda (cm <sup>2</sup> )	112,0	112,0	112,0
Katoda, (š x h x d, cm)	Al 5mm (6,5x10,0x0,5)	Al 5 mm (6,0x8,0x0,5)	Al 1mm (6,5x7,0x0,1)
Broj katoda (kom)	1	1	1
Aktivna površina katoda (cm <sup>2</sup> )	104,0	96,0	91
Masa katode na početku m <sub>start</sub> (g)	443,2	434,2	289,7
Raspored elektroda u sistemu	A-K-A	A-K-A	A-K-A
<b>Parametri</b>			
Katodna gustina struje, j (A/m <sup>2</sup> )	461	500	538
Napon na ćeliji, U (V)	3,4	3,4	3,6
Jačina struje, I (A)	4,8	4,8	4,9
Temperatura elektrolita, t (°C)	38	38	35-38
Cirkulacija elektrolita, broj izmena V u sistemu/h	2	2	1
Vreme procesa u cilju smanjenja koncentracije Zn u elektrolitu za 30 g/l, (h)	33,0	30,0	28
Elektrohemijski ekvivalent za Zn, (g/A m <sup>2</sup> )	1,219	1,219	1,219
Teorijska vrednost mase Zn depozita,	193,09	177,36	167,25



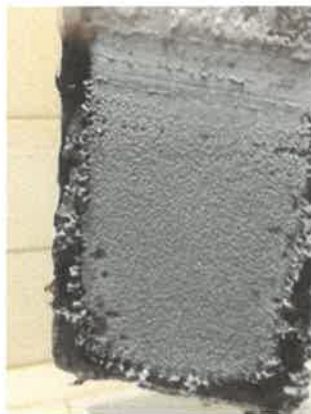
<u><i>Površinski aktivne supstance</i></u>						
Tutkalo (start), (mg/l)	50		50		30	
<b>Merenja tokom procesa</b>						
Tutkalo, (mg/l 24 h)	50		50		30	
Napon na ćeliji, U (V)	3,4 – 3,6		3,4 – 3,6		3,2 – 3,35	
Jačina struje, I (A)	4,75-4,85		4,75-4,85		4,85-4,99	
Temperatura elektrolita, t (°C)	38		38		38	
Masa katodnog depozita nakon 19 h procesa, (g)	87,3		50		30	
Iskorišćenje struje nakon 19 h, η (%)	78,55		3,4 – 3,6		3,2 – 3,35	
<u><i>Sastav elektrolita/metoda</i></u>						
Opis	Zn	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Zn	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Zn	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Analitička metoda	AAS <sup>(1)</sup>	V <sup>(2)</sup>	AAS	V	AAS	V
Sadržaj Zn i H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/l)	76,49	110,5	91,5	100	128,4	135,0
<b>Merenja nakon završetka procesa</b>						
Vreme trajanja procesa elektrolize, (h)	33		24		28	
V <sub>el.kraj</sub> (l)	4,35		4,78		4,5	
Masa Al katode na kraju, m <sub>kraj</sub> (g)	540,5		524,61		436,43	
Masa Zn depozita (g)	97,3		89,91		146,73	
Debljina Zn depozita (mm)	1,8		1,8			
Masa mulja (g)	18,1		/		5,5	
Iskorišćenje struje, η (%)	50,4		50,70		87,73	

Gde je:

- (1) Atomska apsorpciona spektroskopija i
- (2) volumetrija



Ex-II

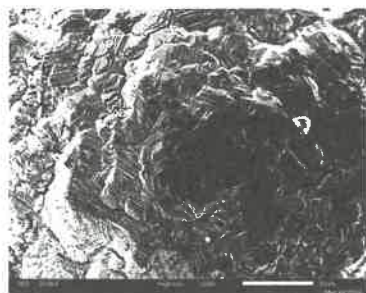


Ex-III

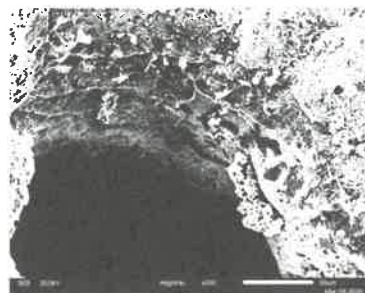


Ex-IV

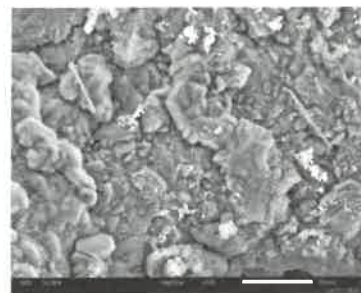
Slika 3. Makrofotografije katoda dobijenih iz tri različita elektrolita



*Ex-II*



*Ex-III*



*Ex-IV*

*Slika 4. SEM slike katoda dobijenih iz tri različita elektrolita*

*Tabela 6. EDS analiza katodnih depozita*

Elementi (%)	Eksperimenti		
	Ex-II	Ex-III	Ex-IV
O	7,01	0,40	1,25
Al			
S			
Ca			
Mn			
Zn	92,99	99,60	99,75
Cd			
Pb			
$\Sigma$	100,00	100,00	100,00

Sa slika 3 i 4 i iz tabele 6 može se zaključiti da je najbolji katodni depozit dobijen u EX-IV, odnosno iz elektrolita sa najmanjim sadržajem nečistoća.

### 10.3 Testiranje na uvećenom laboratorijskom postrojenju

Hemijski sastav elektrolita koji je korišćen pri testiranju tehnoloških parametara na opremi uvećanog laboratorijskog tipa prikazan je u tabeli 7. Eksperiment je izveden na uvećenom laboratorijskom postrojenju (slika 5). Tehnološki parametri procesa prikazani su u tabeli 8, a na slikama 6 i 7 makrofotografija i SEM slika dobijenog katodnog depozita, respektivno. U tabeli 9 je prikazana hemijska analiza katodnog depozita.

Delovi postrojenja postavljeni na noseću konstrukcija koja je sastavljena od četiri vertikalna nosača od PP, cevastih profila povezanih horizontalnim elementima, takođe od cevastih PP profila su:

1. Sabirni rezervoar radne zapremine: 20 l sa električnim grejačem i hemijskom pumpom za elektrolit. Material izrade rezervoara: PP. Snaga električnog grejača: 750 W,
2. Elektrolitička ćelija izrađena od PP. Radna zapremina ćelije prilagođena je predmetnom projektu ugradnjom PP ploče odgovarajućih dimenzija čime je zapremina ćelije sa 20 l smanjena na 12 l,
3. Napojni rezervoar zapremine 10 l, takođe izrađen od PP i rekonstruisan prema zahtevima Investitora. U rezervoar je ugrađen hladnjak čije karakteristike omogućavaju hlađenje elektrolita za  $\Delta T=7\text{ }^{\circ}\text{C}$  (zmija od prohromskog čelika) sa prskalicama za raspršivanje elektrolita kako bi se simulirala uloga rashladnog tornja u industrijskim uslovima dobijanja elektrolitičkog cinka. Kostrukcija, izrada i ugradnja izvršena je od strane Admetal d.o.o. Bor,
4. Sistem za kontrolu temperature.

Elektrolitička ćelija je strujno povezana sa strujnim snabdevačem karakteristika 400A i 15V. Cevna instalacija omogućava konstantnu cirkulaciju elektrolita koja se delom obezbeđuje hemijskom pumpom, a delom slobodnim padom.



**Slika 5.** Uvećano laboratorijsko postrojenje za elektrolitičko izdvajanje Zn iz elektrolita dobijenog luženjem filterske prašine



*Tabela 7. Hemijska analiza elektrolita na početku procesa (Ex-V), (ispitivanja na uvećanom laboratorijskom nivou)*

Elektrolit Ex-V	
Element	Koncentracija, mg/l
Al	48,59
As	0,064
Be	n.a.
Ca	543,3
Co	0,076
Cr	<0,005
Cd	<0,008
Cu	0,023
Fe	0,462
K	n.a.
Mg	n.a.
Mn	1596,3
Na	389,9
Ni	0,032
Sb	<0,011
F <sup>-</sup>	446,3
Cl <sup>-</sup>	287,6
Pb	0,2
Sr	0,237
Element	Koncentracija, g/l
Zn (metoda: AAS)	101,0
Zn (metoda: V)	118,3
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	139,0





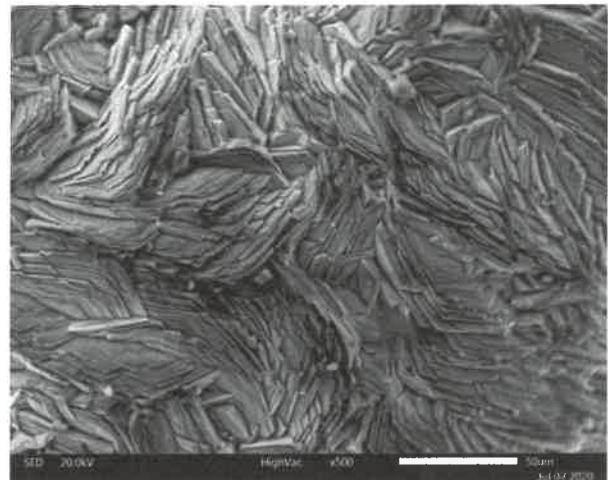
**Табела 8. Технолошки параметри електролитичког добивања цинка из преčiшћеног електролита Ex-V (испитивања на увећаном лабораторијском нивоу)**

ТЕХНОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ		
Start		
<b>Elektrolit</b>		
V <sub>el.start</sub> (l)	45,0	
Zn <sub>start</sub> (g/l)	118,3	
H <sub>2</sub> SO <sub>4start</sub> (g/l)	139	
<b>Elektrode</b>		
Anoda, (š x h x d, cm)	Pb + 1 % Ag 5 mm (7,0x8,0x0,5)	
Broj anoda (kom)	5	
Aktivna površina anoda (cm <sup>2</sup> )	560,0	
Katoda, (š x h x d, cm)	Al 1mm (11,0x7,0x0,1)	
Broj katoda (kom)	4	
Aktivna površina katode (cm <sup>2</sup> )	616	
Masa katoda na početku m <sub>start</sub> (g)	5161,8	
Raspored elektroda u sistemu	A-K-A	
<b>Ostali parametric</b>		
Katodna gustina struje, j (A/m <sup>2</sup> )	510	
Napon na ćeliji, U (V)	3,5	
Jačina struje, I (A)	31	
Temperatura elektrolita, t (°C)	35-38	
Cirkulacija elektrolita, broj izmena V u sistemu/h	1	
Vreme procesa, τ (h)	24	
Elektrohemijski ekvivalent za Zn, (g/A m <sup>2</sup> )	1,219	
Teorijska vrednost mase Zn depozita, m <sub>teorijsk.</sub> (g)	907,0	
<b>Površinski aktivne supstance</b>		
Tutkalo (start), (mg/l)	30	
<b>Merenja tokom procesa</b>		
Tutkalo, (mg/l 24 h)	30	
Napon na ćeliji, U (V)	3,2 – 3,35	
Jačina struje, I (A)	4,85-4,99	
Temperatura elektrolita, t (°C)	38	
<b>Sadržaj Zn i H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>		
Opis	Zn, g/l	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , g/l
23.06.- 08.00 h	118,3	139,0
Trajanje procesa elektrolize: 2 h	118,0	138,7
Trajanje procesa elektrolize: 6 h	109,87	143,7
Trajanje procesa elektrolize:12 h	112,1	155,0

Trajanje procesa elektrolize: 14 h	108,6	158,75
Trajanje procesa elektrolize: 18 h	105,5	163,7
Trajanje procesa elektrolize: 24 h	100,8	163,7
<b>Merenja nakon završetka procesa</b>		
Vreme trajanja procesa elektrolize, (h)	24	
$V_{el.kraj}$ (l)	43,0	
Masa Al katode na kraju, $m_{kraj}$ (g)	5954,6	
Masa Zn depozita (g)	792,8	
Debljina Zn depozita (mm)	/	
Masa mulja (g)	19,75	
Iskorišćenje struje, $\eta$ (%)	87,4	



*Slika 6. Makrofotografija katodnog depozita Zn (ispitivanja na uvećanom laboratorijskom nivou)*



*Slika 7. Makrofotografija katodnog depozita Zn (ispitivanja na uvećanom laboratorijskom nivou)*



**Tabela 9. Hemijski sastav katodnog cinka (ispitivanja na uvećanom laboratorijskom nivou)**

Element	Sadržaj, ppm
Al	7
As	<1
Ca	<1
Cd	<1
Co	<1
Cr	<1
Cu	5,6
Fe	<1
Mn	27,4
Na	15,7
Ni	<1
Pb	69,7
Sb	<1
Sr	<1
Σ nečistoće	134,4
Element	Sadržaj, %
Zn	99,987

Na osnovu rezultata hemijske analize katodnog depozita cinka može se zaključiti da je postignuta najveća čistoća cinka (99,987%) u odnosu na sve prethodne eksperimente. Dodatnim topljenjem dobio bi se cink kvaliteta 99,99%.

#### 10.4 Zaključak

Rezultati tehnoloških ispitivanja dobijanja elektrolitičkog cinka na laboratorijskom i uvećanom laboratorijskom nivou iz elektrolita dobijenog luženjem i prečišćavanjem filterske prašine potvrdili su da je elektroliza cinka ekstremno osetljiv proces posebno na nečistoće koje su elektropozitivnije od cinka. Ovi metali talože se zajedno sa cinkom i formiraju katodne površine sa niskom prenapetošću izdvajanja vodonika.

Prvi eksperiment (eksperiment br. I) je rađen u cilju potvrde literaturnih podataka i parametara iz različitih pogona za elektrolitičku depoziciju cinka. Elektrolit je pripremljen od cink sulfata heptahidrata  $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$  (p.a. Zorka Šabac) i tehničke sumporna kiseline (proizvođač RTB Bor). Rezultati su pokazali da je pri tehnološkim parametrima usvojenim iz literature (gustina struje:  $450 A/m^2$ , napon na ćeliji: 3,4 V, sobna temperatura) postignuto iskorišćenje struje od 85,2% i čistoća cinka od 99,99%, a da je dobijeni depozit bio homogen i kompaktn. Ovi tehnološki parametri su korišćeni u daljim istraživanjima za laboratorijska i ispitivanja na uvećanom laboratorijskom postrojenju.

Rezultati laboratorijskih istraživanja su pokazali da se iskorišćenje struje kreće u opsegu od 50,4 % do 87,4 % (Eksperimenti II-IV). Ovo se može objasniti znatno većom koncentracijom nečistoća (Ni, Co, Cd) čiji je nadnapon niži nego kod cinka, njihovim taloženjem zajedno sa cinkom na katodi kao i lakom rastvaranju istih u kiselom elektrolitu. Ova grupa nečistoća



takođe smanjuje iskorišćenje struje i dovodi do rastvaranja već izdvojenog katodnog depozita (pojava rupičastog depozita). Svi eksperimenti su rađeni sa anodama Pb + 1% Ag, pri istim tehnološkim parametrima (gustina struje: cca 500 A/m<sup>2</sup>, temperatura elektrolyta: 35-38°C, koncentracija tutkala: 30 mg/l, vreme: 24 h) i Al katodama debljine 1 mm.

Sadržaj nečistoća (Ni, Co, Cd) u elektrolitu koji je korišćen na uvećanom laboratorijskom postojenju bio je jako nizak. Katodni depozit (dobijen pri ispitivanju na uvećanom laboratorijskom postrojenju) sa sredine katode je heksagonalne strukture sa izraženim kristalnim aglomeratima iste orijentacije, dok je depozit sa ivice katode bez izražene strukture uz prisustvo rupa na depozitu po ivicama katodnog depozita. Hemijska analiza katodnog depozita pokazala da je dobijen cink komercijalnog kvaliteta.

### 10.5 Literatura

Bajmakov V, i Žurin A., Elektroliza u hidrometalurgiji, Moskva, 1777.

HSC Chemistry 6.1 software, developed by Outotec (Finland) Oy., 2007.

Lenhard Z., Metalurgija obojenih metala I, Metalurški fakultet Sisak, 2008.

Lu J., Guo H., Dreisinger D., Downing B., Effects of Current Density and Nickel as an Impurity on Zinc Electrowinning, Journal of Metallurgical Engineering (ME), Vol. 2 Iss. 3, 2013, 79-87.

Mantell C. L., Elektrokemijsko inženjerstvo, Tehnička knjiga Zagreb, 1960.

Nicol M., Akilan C., Tjandrawan V., Gonzalez J.A., Effect of halides in the electrowinning of zinc. II. Corrosion of lead-silver anodes, Hydrometallurgy, 173 (2017), 178–191.

Nicol M., Akilan C., Tjandrawan V., Gonzalez J.A., The effects of halides in the electrowinning of zinc. I. Oxidation of chloride on lead-silver anodes. Corrosion of lead-silver anodes, Hydrometallurgy 173 (2017) 125–133

Popov K., Grgur B., Osnovi elektrometalurgije, Tehnološko-metalurški fakultet Beograd, 2002.

Tian Z., Guo W., Zhang Z., Lai Y., Ye S., Li J., Removal of fluorine ions from industrial zinc sulfate solution by a layered aluminum-based composite, Hydrometallurgy 171 (2017) 222–227

Tuaweri T. J., Adigio E. M. and Jombo P. P., A Study of Process Parameters for Zinc Electrodeposition from a Sulphate Bath, International Journal of Engineering Science Invention, Volume 2 Issue 8, August. 2013, PP.17-24

Журин А. И., Захариев З. Г., Славов Р. Д., Кузуб В. Г., Цветна металургија, 1973. Но.4, стр. 42-45



**11) техничка документација и листа раније прихваћених техничких решења за svakog од аутора појединачно.**

**Листа раније прихваћених техничких решења за svakog од аутора појединачно.**

1. Dr Silvana Dimitrijević, виши научни сарадник, Институт за рударство и металургију Бор
2. Dr Radmila Marković, виши научни сарадник, Институт за рударство и металургију Бор
3. Dr Ljiljana Avramović, истраживач сарадник, Институт за рударство и металургију Бор
4. Dr Mile Bugarin, научни саветник, Институт за рударство и металургију Бор
5. Dr Aleksandra Ivanović, виши научни сарадник, Институт за рударство и металургију Бор
6. Vanja Trifinović, истраживач сарадник, Институт за рударство и металургију Бор

**1. Dr Silvana Dimitrijević, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor**

1. Suzana Dragulović, **Silvana Dimitrijević**, Zorica Ljubomirović, Radmila Marković, Biserka Trumić, Dragana Božić, Milan Gorgievski, Dobijanje rodijuma visoke čistoće (min. 99,95%) iz sekundarnih sirovina postupkom solventne ekstrakcije, IRM Bor Bor, 2011., TR34024, (M82)
2. Cvetkovski Vladimir, Conić Vesna, Dragulović Suzana, **Dimitrijević Silvana**, Stanojević-Šimšić Zdenka, Nova proizvodna linija za proizvodnju katodnog bakra iz koncentrata biohemijским luženjem, solventnom ekstrakcijom i elektrolizom, IRM Bor 2010., TR34004, (M82)
3. B. Trumić, S.Marjanović, **S. Dimitrijević**, L. Gomidželović, A. Ivanović, Osvajanje tehnologije proizvodnje Pd katalizatora-hvatača, IRM Bor Bor, 2011., TR34029, (M82)
4. **S. Dimitrijević**, S. Dragulović, Z. Stanojević-Šimšić, A. Ivanović, V. Gardić, R. Marković, B. Trumić, Elektrolitička rafinacija bakarnih anoda sa nestrandardnim oblikom elektroda, IRM Bor Bor, 2012., TR34024, (M82)
5. Cvetkovski Vladimir, Conić Vesna, Dragulović Suzana, Stanojević-Šimšić Zdenka, Pešovski Branka, Simonović Danijela, **Dimitrijević Silvana**, Ljubomirović Zorica, Nova proizvodna linija za proizvodnju bakra solventnom ekstrakcijom rudničkih voda, IRM Bor 2012., TR34004, (M82)
6. Aleksandra Ivanović, Biserka Trumić, Vesna Krstić, Svetlana Ivanov, Saša Marjanović, **Silvana Dimitrijević**, Vesna Marjanović, Pобољшanje mehaničkih svojstava legure sastava PdNi5 optimizacijom termomehaničkog režima prerade, Tehničko rešenje, IRM Bor 2011., TR 34029, (M82)
7. Biserka Trumić, Draško Stanković, Aleksandra Ivanović, Saša Marjanović, **Silvana Dimitrijević**, Osvajanje tehnologije proizvodnje Pd-Au legure za katalizatore-hvatače, IRM Bor, 2015., TR34029, (M83)
8. Vlastimir Trujić, **Silvana Dimitrijević**, Suzana Dragulović, Dejan Trifunović, Mirjana Rajčić - Vujasinović, Mirko Vukmirović, Dekorativna pozlata iz necijanidnog elektrolita na bazi organskog kompleksa zlata sa merkaptotriazolom, IRM Bor Bor, 2010., TR19036, (M83)
9. Vlastimir Trujić, **Silvana Dimitrijević**, Suzana Dragulović, Dejan Trifunović, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Mirko Vukmirović, Tvrda pozlata iz necijanidnog elektrolita na bazi organskog kompleksa zlata sa merkaptotriazolom, IRM Bor, 2010., TR19036, (M83)
10. Radmila Marković, **Silvana Dimitrijević**, Suzana Dragulović, Oliver Dimitrijević, Zoran Ilić, Aleksandra Ivanović, Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakronih anoda nestandardnog hemijskog sastava, IRM Bor Bor, 2011., TR34024, (M83)
11. **S. Dimitrijević**, V. Trujić, S. Dragulović, R. Marković, V. Conić, B. Madić, Z. Stanojević-Šimšić, Reciklaža bakra i srebra iz posebnih mesinganih kućišta kombinacijom pirometalurških, elektrometalurških i hemijskih postupaka, IRM Bor Bor, 2012., TR34024, (M83)
12. **S. Dimitrijević**, R. Marković, M. Bugarin, J. Stevanović, B. Jugović, L. Avramović, S. Dragulović, Uvećano laboratorijsko postrojenje za elektrohemijska istraživanja, IRM Bor Bor, 2012., TR34024 i TR37001, (M83)



13. Suzana Dragulović, **Silvana Dimitrijević**, Biserka Trumić Mirjana Šteharnik, Zdenka Stanojević-Šimšić, Vesna Conić, Aleksandra Ivanović, Suzana Veličković, Dobijanje srebro-jodida iz srebra dobijenog reciklažom sekundarnih sirovina, IRM Bor 2015., TR34024, (M83)
14. Suzana Dragulović, **Silvana Dimitrijević**, Biserka Trumić, Radmila Marković, Dragana Božić, Milan Gorgievski, Slađana Alagić, Elektrohemijsko dobijanje kalijum zlatnog cijanida, IRM Bor 2015., TR34024, (M83)
15. Vesna Conić, **Silvana Dimitrijević**, Dragan Milanović, Radmila Marković, Suzana Dragulović, Sanja Bugarinović, Ivana Jovanović, Izdvajanje selena iz procesa elektrolitičke rafinacije bakra, IRM Bor 2015. , TR34004, (M83)
16. **S. Dimitrijević**, V. Trujć, R. Marković, S. Dragulović, O. Dimitrijević, S. Alagić, B. Trumić, Polindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakra, mesinga i srebra, IRM Bor Bor, 2013., TR34024, (M83)
17. Zoran Stević, Mirjana Rajčić-Vujasinović, Stevan Dimitrijević, **Silvana Dimitrijević**, Zoran Stojiljković, Pulsno-reverzni izvor napajanja za primenu u galvanotehnici, Tehnički fakultete Bor – AD Metal DOO Bor, 2017. (M85)
18. Zoran Stević, Stevan Dimitrijević, Silvana Dimitrijević, Sande Lekovski, Razvoj hardvera i softvera za energetske efikasne računarske vođene peći za sinteroвање, Tehnički fakultete Bor – AD Metal DOO Bor, 2021. (M85)



**2. Dr Radmila Marković, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor**

1. S. Dragulović, V. Trujić, S. Dimitrijević, Z. Ljubomirović, B. Trumić, **R. Marković**, D. Božić, M. Gorgievski, *Dobijanje* rodijuma visoke čistoće (min. 99,95% Rh) iz sekundarnih sirovina metodom solventne ekstrakcije, IRM Bor 2011., TR 34024, **(M82)**
2. Silvana Dimitrijević, Suzana Dragulović, Zdenka Stanojević Šimšić, Aleksandra Ivanović, Vojka Gardić, **Radmila Marković**, Biserka Trumić, Elektrolitička rafinacija bakarnih anoda sa nestandardnim oblikom elektroda, IRM Bor 2011., TR34024, **(M82)**
3. **Radmila Marković**, Jasmina Stevanović, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, Mile Dimitrijević, Renata Kovačević, Vojka Gardić, Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava, IRM Bor 2013., TR37001, **(M82)**
4. M.Petrov, **R. Marković**, Lj.Mladenović, M.Vukadinović, Valorizacija mineralnog otpada iz borske flotacijske jalovine, IRM Bor, 2010., TR 19021, **(M83)**
5. M.Petrov, **R. Marković**, Lj.Mladenović, S.Mihajlović, V.Jovanović, M.Vukadinović, B.Ivošević, Modifikovanje površine nemetalične mineralne komponente BFJ za proizvodnju hidrauličnog vezivnog sredstva u građevinarstvu, IRM Bor 2010, TR19021, **(M83)**
6. M.Bugarin, **R. Marković**, Z. Stevanović, Lj. Obradović, R. Jonović, Lj. Avramović, Novo laboratorijsko postrojenje za integralni tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke rudnika Cerovo, - novo laboratorijsko postrojenje, IRM Bor 2010. TR21008, **(M83)**
7. **R. Marković**, V. Trujić, S. Dimitrijević, S. Dragulović, O. Dimitrijević, Z. Ilić, A. Ivanović, Novo poluindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava – Linija I, IRM Bor 2011., TR34024, **(M83)**
8. S. Dimitrijević, V. Trujić, S. Dragulović, **R. Marković**, V. Conić, B. Madić, Z. Stanojević-Šimšić, Reciklaža bakra i srebra iz posebnih mesinganih kućišta kombinacijom pirometalurških, elektrometalurških i hemijskih postupaka, IRM Bor 2012., TR34024, **(M83)**
9. S. Dimitrijević, **R. Marković**, M. Bugarin, J. Stevanović, B.Jugović, Lj. Avramović, S. Dragulović, Uvećano laboratorijsko postrojenje za elektrohemijska ispitivanja, IRM Bor 2012., TR34024 i TR 37001, **(M83)**
10. S. Dimitrijević, V. Trujić, **R. Marković**, S. Dragulović, O. Dimitrijević, S. Alagić, B. Trumić, Polindustrijsko postrojenje za elektrolitičku preradu bakra, mesinga i srebra, IRM Bor 2013., TR34024, **(M83)**
11. Mile Bugarin, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, **Radmila Marković**, Ljubiša Obradović, Gordana Slavković, Vojka Gardić, Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor, IRM Bor 2013., TR37001, **(M83)**
12. Mile Bugarin, Zoran Stevanović, **Radmila Marković**, Ljubiša Obradović, Vojka Gardić, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, dr Jasmina Stevanović, dr Milica Gvozdrenović, Integralni tretman flotacijske jalovine bakra sa polja 1 starog flotacijskog jalovišta RTB-a Bor", IRM Bor 2014., TR37001, **(M83)**
13. Vesna Conić, Silvana Dimitrijević, Dragan Milanović, **Radmila Marković**, Suzana Dragulović, Sanja Bugarinović, Ivana Jovanović, Izdvajanje selena iz procesnog elektrolita za dobijanje katodnog bakra, IRM Bor 2015., TR34004, **(M83)**





14. Suzana Dragulović, Silvana Dimitrijević, Biserka Trumić, **Radmila Marković**, Dragana Božić, Milan Gorgievski, Slađana Alagić, Elektrohemijsko dobijanje kalijum zlatnog cijanida, IRM Bor 2015., TR34024, **(M83)**
15. M.Petrov, **R.Marković**, LJ.Mladenović, B.Ivošević, Tehnološki postupak prerade mehanohemijски активiranog pirita borske flotacijske jalovine, IRM Bor 2010., TR 19021, **(M84)**
16. R. Jonović, Lj. Avramović, **R. Marković**, Z. Stevanović, M. Gvozdrenović, J Stevanović, Lj. Obradović, Razaranje sulfida iz vanbilansnih materijala dobijenih u procesu prerade rude bakra, IRM Bor 2013., TR37001, **(M84)**
17. R. Stevanović, S.Čupić, M. Bugarin, **R. Marković**, LJ. Avramović, R. Jonović, Z. Stevanović, LJ. Obradović, Novi softver za određivanje ekstrakcione konstante i konstante dimerizacije metodom najmanjih kvadrata iz eksperimentalnih podataka za ekstrakciju bakra sa LIX ekstragensima, IRM Bor 2010., TR21008, **(M85)**
18. R. Stevanović, S. Čupić, M. Bugarin, **R. Marković**, LJ. Avramović, R. Jonović, LJ. Obradović, Z. Stevanović, Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidrohioksimima, IRM Bor 2010., TR21008, **(M85)**



### 3. Dr Ljiljana Avramović, naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

1. Radmila Marković, Jasmina Stevanović, Radojka Jonović, **Ljiljana Avramović**, Mile Dimitrijević, Renata Kovačević, Vojka Gardić, Izdvajanje bakra iz otpadnih sumporno-kiselih rastvora elektrolitičkom rafinacijom bakarnih anoda nestandardnog hemijskog sastava, IRM Bor 2013., TR37001, (M82)
2. M. Bugarin, R. Marković, Z. Stevanović, LJ. Obradović, R. Jonović, **Lj. Avramović**, Novo laboratorijsko postrojenje za integralni tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke rudnika Cerovo, - novo laboratorijsko postrojenje, IRM Bor 2010. TR21008, (M83)
3. S. Dimitrijević, R. Marković, M. Bugarin, J. Stevanović, B. Jugović, **Lj. Avramović**, S. Dragulović, Uvećano laboratorijsko postrojenje za elektrohemijska ispitivanja, IRM Bor 2012., TR34024 i TR 37001, (M83)
4. Mile Bugarin, Radojka Jonović, **Ljiljana Avramović**, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Ljubiša Obradović, Gordana Slavković, Vojka Gardić, Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor, IRM Bor 2013., TR37001, (M83)
5. Mile Bugarin, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Ljubiša Obradović, Vojka Gardić, Radojka Jonović, **Ljiljana Avramović**, asmina Stevanović, Milica Gvozdenović, Integralni tretman flotacijske jalovine bakra sa polja 1 starog flotacijskog jalovišta RTB-a Bor", IRM Bor 2014., TR37001, (M83)
6. R. Jonović, **Lj. Avramović**, R. Marković, Z. Stevanović, M. Gvozdenović, J Stevanović, Lj. Obradović, Razaranje sulfida iz vanbilansnih materijala dobijenih u procesu prerade rude bakra, IRM Bor 2013., TR37001, (M84)
7. R. Stevanović, S. Čupić, M. Bugarin, R. Marković, **Lj. Avramović**, R. Jonović, Z. Stevanović, LJ. Obradović, Novi softver za određivanje ekstrakcione konstante i konstante dimerizacije metodom najmanjih kvadrata iz eksperimentalnih podataka za ekstrakciju bakra sa LIX ekstragensima, IRM Bor 2010., TR21008, (M85)
8. R. Stevanović, S. Čupić, M. Bugarin, **R. Marković**, **Lj. Avramović**, R. Jonović, LJ. Obradović, Z. Stevanović, Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidrohioksimima, IRM Bor 2010., TR21008, (M85)



#### 4. Dr Mile Bugarin, naučni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

1. **M. Bugarin**, R. Marković, Z. Stevanović, LJ. Obradović, R. Jonović, Lj. Avramović, Novo laboratorijsko postrojenje za integralni tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke rudnika Cerovo, - novo laboratorijsko postrojenje, IRM Bor 2010. TR21008, (M83)
2. S. Dimitrijević, R. Marković, M. Bugarin, J. Stevanović, B. Jugović, Lj. Avramović, S. Dragulović, Uvećano laboratorijsko postrojenje za elektrohemijska ispitivanja, IRM Bor 2012., TR34024 i TR 37001, (M83)
3. Mile Bugarin, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, Zoran Stevanović, **Radmila** Marković, Ljubiša Obradović, Gordana Slavković, Vojka Gardić, Integralni tretman otpadnih voda i rudarskog otpada iz RTB-a Bor, IRM Bor 2013., TR37001, (M83)
4. **Mile Bugarin**, Zoran Stevanović, Radmila Marković, Ljubiša Obradović, Vojka Gardić, Radojka Jonović, Ljiljana Avramović, dr asmina Stevanović, dr ilica Gvozdenović, Integralni tretman flotacijske jalovine bakra sa polja 1 starog flotacijskog jalovišta RTB-a Bor", IRM Bor 2014., TR37001, (M83)
5. R. Stevanović, S. Čupić, **M. Bugarin**, R. Marković, LJ. Avramović, R. Jonović, Z. Stevanović, LJ. Obradović, Novi softver za određivanje ekstrakcione konstante i konstante dimerizacije metodom najmanjih kvadrata iz eksperimentalnih podataka za ekstrakciju bakra sa LIX ekstragensima, IRM Bor 2010., TR21008, (M85)
6. R. Stevanović, S. Čupić, **M. Bugarin**, R. Marković, LJ. Avramović, R. Jonović, LJ. Obradović, Z. Stevanović, Novi softver za simulaciju ekstrakcije bakra iz kiselih sulfatnih rastvora hidrohioksimima, IRM Bor 2010., TR21008, (M85)
7. **M. Bugarin**, Lj. Obradović, Z. Stevanović, R. Marković, R. Jonović, Lj. Avramović, R. Stevanović, Novo laboratorijsko postrojenje za integralni tretman rudničkih voda i kopovske raskrivke rudnika Cerovo, Tehničko rešenje, Projekat TR 21008, 2010.



## 5. Dr Aleksandra Ivanović, naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

1. B. Trumić, S. Marjanović, S. Dimitrijević, L. Gomidželović, A. **Ivanović**, Osvajanje tehnologije proizvodnje Pd katalizatora-hvatača, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2011., TR34029, (M82)
2. S. Dimitrijević, S. Dragulović, Z. Stanojević-Šimšić, A. **Ivanović**, V. Gardić, R. Marković, B. Trumić, Elektrolitička rafinacija bakarnih anoda sa nestrandrdnim oblikom elektroda, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, 2012., TR34024, (M82)
3. **Aleksandra Ivanović**, Biserka Trumić, Vesna Krstić, Svetlana Ivanov, Saša Marjanović, Silvana Dimitrijević, Vesna Marjanović, Pобољшanje mehaničkih svojstava legure sastava PdNi5 optimizacijom termomehaničkog režima prerade, Tehničko rešenje, TR 34029, (M82)
4. Biserka Trumić, Draško Stanković, Aleksandra Ivanović, Saša Marjanović, **Silvana Dimitrijević**, Osvajanje tehnologije proizvodnje Pd-Au legure za katalizatore-hvatače, IRM Bor, 2015., TR34029, (M82)
5. V. Krstić, B. Trumić, L. Gomidželović, M. Bugarin, A. **Ivanović**, Z. Petrović, S. Đordijevski, Novi materijal smeše CRM (benzeove kiseline) i SiO<sub>2</sub> radi ispitivanja kontrole celog mernog opsega kalorimetra, IRM Bor, 2014., TR34029, (M82)

ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
Зелени булевар 35, п.ф.152  
19210 Бор, Србија



MINING AND METALLURGY INSTITUTE BOR

35 Zeleni bulevar, POB 152  
19210 Bor, Serbia



Тел: +381 (0) 30-436-826 \*Факс: +381 (0) 30-435-175 \* E-mail:institut@irmbor.co.rs

ПИБ : 100627146 \* МБ : 07130279 \*Жиро рачун: 160 - 42 - 434 -38

Tehnička dokumentacija (spisak priloga):

- Ugovor Metalfer Grupa – Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor
- Račun Metalfer Grupa
- Protokol o testiranju potpisan od strane Metalfera
- Knjigovodstvena analitička kartica
- Izvod iz banke
- Mišljenje recenzenata
- Odluka Naučnog veća Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor o prihvatanju Tehničkog rešenja





ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР

Број: 9091/19

17.12. 2019 год

БОР, Зелени булевар 35

**U G O V O R**  
**O IZRADI TEHNOLOŠKIH ISPITIVANJA**  
**DOBIJANJA ELEKTROLITIČKOG CINKA**  
**MSM-IRM/17-12-2019**

Zaključen dana 17-12-2019. u Sremskoj Mitrovici između:

**1. INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR**, ul. Zeleni bulevar 35, Mat. broj: 07130279, PIB: 100627146, koga zastupa direktor dr Mile Bugarin, naučni savetnik (u daljem tekstu : Izvršilac)

i

**2. METALFER STEEL MILL SREMSKA MITROVICA**, ul. Rumski put 27, Mat. broj: 08144605 PIB: 103917325, koga zastupa direktor Branko Zečević, (u daljem tekstu: **Naručilac**)

Zajednički u tekstu: **Ugovorne strane**

Pojedinačno u tekstu: **Ugovorna strana**

Ugovorne strane, u svojim gore navedenim svojstvima, su se sporazumele o sledećem:

**PREDMET UGOVORA**

**Član 1.**

Predmet Ugovora je izrada tehnoloških ispitivanja dobijanja elektrolitičkog cinka na uvećanom laboratorijskom nivou u skladu sa prihvaćenom ponudom br. 2034/19 od 10.12.2019. godine, koja je sastavni deo ovog Ugovora.

Plan ispitivanja na tehnološkom uzorku je dat u ponudi br. 2034/19 od 10.12.2019. godine i obuhvata sledeće:

- 1. Formiranje tehnoloških uzoraka**
- 2. Hemijska i fizičko-mehanička karakterizacija uzoraka**
  - a) Određivanje vlažnosti uzoraka
  - b) Određivanje pH vrednosti uzorka
  - c) Hemijski sastav (kompletna hemijska analiza)
- 3. Eksperimentalna ispitivanja procesa pripreme elektrolita na uvećanom laboratorijskom nivou**
  - 3.1 Luženje filterske prašine vodom
  - 3.2 Višefazno kiselinsko luženje prašine bez grejanja sa 1.5 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> u količini od 10 kg prašine po šarži do postizanja odgovarajuće koncentracije cinka od 120 g/dm<sup>3</sup> u rastvoru nakon luženja.
  - 3.3 Utvrđivanje optimalne količine vode za pranje čvrstog ostatka nakon luženja
  - 3.4 Prečišćavanje rastvora nastalog nakon višefaznog luženja, u cilju pripreme elektrolita:
    - Proces neutralizacije
    - Proces cementacije
    - Određivanje brzine taloženja u procesima neutralizacije i cementacije
  - 3.5 Utvrđivanje optimalne količine vode za pranje taloga iz procesa neutralizacije i cementacije
  - 3.6 Luženje čvrstog ostatka dobijenog nakon luženja prašine i tretman rastvora u cilju dobijanja koncentrata olova i srebra.

3.7 Luženje filterske prašine sa osiromašenim elektrolitom i priprema elektrolita za planirane testove elektrolitičkog izdvajanja cinka – tri ciklusa koji obuhvataju kontinualni proces luženje prašine - prečišćavanje rastvora – elektrolitičko dobijanje cinka.

#### **4. Eksperimentalna ispitivanja procesa elektrolitičkog izdvajanja cinka na uvećanom laboratorijskom nivou**

- 4.1 Izrada ćelije i sistema za hlađenje elektrolita sa pratećim priključcima za ispitivanja na uvećanom laboratorijskom nivou
- 4.2 Izrada dva seta katoda (2x7) od aluminijuma debljine 5 mm za ispitivanje procesa elektrolitičkog dobijanja cinka i regeneracije elektrolita.
- 4.3 Izrada 10 anoda od olova legiranog sa 1% Ag debljine 6 mm za ispitivanje procesa elektrolitičkog dobijanja cinka i regeneracije elektrolita.
- 4.4 Četiri testa elektrolitičkog izdvajanja cinka (ispitivanje procesa elektrolitičkog izdvajanja cinka iz rastvora biće urađena na uvećanom laboratorijskom postrojenju radne zapremine 40 dm<sup>3</sup> u cirkulaciji, sa gustinom struje od 500 A/m<sup>2</sup> (vrednost usvojena na održanom sastanku). Limitirajući parametar za vreme trajanja procesa je debljina katodnog depozita od 5 mm. Osiromašeni elektrolit biće korišćen za proces luženja novih količina filterske prašine.
- 4.5 Regeneracija elektrolita (u slučaju prekoračenja limitiranih vrednosti nepoželjnih primesa u elektrolitu)
- 4.6 Karakterizacija mulja nastalog u procesu elektrolitičkog dobijanja cinka i predlog za njegov tretman

#### **5 Karakterizacija svih otpadnih voda iz navedenih procesa i predlog njihovog prečišćavanja**

#### **6 Stabilizacija čvrstih ostataka, nastalih posle procesa neutralizacije i procesa luženja olova i srebra, u cilju njihovog bezbednog odlaganja kao neopasni otpad**

#### **7 Izrada izveštaja o dobijenim rezultatima ispitivanja**

### **MEĐUSOBNE OBAVEZE**

#### **Član 2.**

##### **Obaveze Izvršioca:**

- Da predmetna ispitivanja izvrši kvalitetno u skladu sa planom datim u članu 1. ovog Ugovora
- Da ispitivanja završi u ugovorenom roku;
- Da Naručiocu obezbedi uvid u stanje istraživanja tokom realizacije ispitivanja;
- Da pripremi i izradi izveštaj o dobijenim rezultatima ispitivanja;
- Da čuva kao strogu poslovnu tajnu sve podatke i informacije do kojih dođe tokom realizacije ovog Ugovora.

##### **Obaveze Naručioca:**

- Da dostavi reprezentativni uzorak filterske prašine za ispitivanja u količini od 200 kg;
- Da poštuje predviđenu dinamiku isplate ugovorene cene za realizaciju posla.

## **ROK ZA REALIZACIJU TEHNOLOŠKIH ISPITIVANJA**

### **Član 3.**

Rok za realizaciju tehnoloških ispitivanja dobijanja elektrolitičkog cinka na uvećanom laboratorijskom nivou i izradu Izveštaja je 4 (četiri) meseca od dana potpisivanja Ugovora i uplate avansa.

## **CENA**

### **Član 4.**

Cena za realizaciju tehnoloških ispitivanja dobijanja elektrolitičkog cinka na uvećanom laboratorijskom nivou po specificiranom obimu poslova u Članu 1. ovog Ugovora iznosi:

**1.950.000,00 din (JEDANMILIONDEVETSTOPEDESETHILJADA din) + PDV**

U cenu nije uključen PDV i isti će se zaračunavati prilikom ispostavljanja faktura.

## **NAČIN PLAĆANJA**

### **Član 5.**

Za realizaciju predmeta ugovora, ugovorne strane su dogovorile sledeću dinamiku isplate:

- 50% od ukupne cene iz člana 4. ovog Ugovora- Naručilac će platiti u roku od 7 (sedam) dana od dana potpisivanja Ugovora, prema ispostavljenoj profakturi Izvršioca,
- Preostalih 50% od ukupne cene – Naručilac će platiti u roku od 10 (trideset) dana od dana prijema Izveštaja o izvršenom ispitivanju, prema ispostavljenoj fakturi Izvršioca.

## **POVERLJIVOST INFORMACIJA I POSLOVNA TAJNA**

### **Član 6.**

Ukoliko nije drugačije predviđeno ovim Ugovorom, ugovorne strane se obavezuju na poverljivost svih poslovnih tajni i drugih tehničkih informacija koje će primiti u vezi sa ovim Ugovorom. Ugovorne strane se takođe obavezuju da na poverljivost informacija obavežu i svoje zaposlene i da poverljive informacije koriste samo u vezi i u svrhu implementacije ovog Ugovora.

Obaveza poverljivosti iz stava 1. ovog člana, se neće odnositi na primljene poverljive informacije koje su:

- a) Već u posedu primajuće strane bez obaveze o poverljivosti, ranije potvrđene i objavljene
- b) Objavljene od jedne strane uz pismeno odobrenje druge strane.

Otkrivanjem poverljivih informacija neće se smatrati kršenjem odredbe ovog Ugovora ako je takvo otkrivanje zahtevano od strane suda ili ovlašćenog državnog organa.

Obaveza poverljivosti iz stava 1. ovog člana traje 3 godine i nakon okončanja važnosti ovog Ugovora osim u slučajevima opisanim u stavu 3. ovog člana.

Nepoštovanje odredaba ovog člana za vreme trajanja ovog Ugovora od bilo koje ugovorne strane, predstavlja osnov za njegov raskid bez davanja otkaznog roka i osnov za naknadu štete u skladu sa odredbama Zakona o obligacionim odnosima i drugim važećim propisima.

Ugovorne strane mogu zaključiti Ugovor o poverljivosti, kojim će detaljnije regulisati čuvanje poslovne tajne iz ovog člana i koji će činiti sastavni deo ovog Ugovora.

## **VIŠA SILA**

### **Član 7.**

Ugovorne strane su saglasne da se odredbe više sile primenjuju u slučaju nastajanja događaja i okolnosti koje se ne mogu predvideti i na koje ni jedna strana ne može uticati a kao što su: zemljotres, poplava, požar, odron, klizište, druge elementarne nepogode većeg obima, štrajk zaposlenih, nerad ili zastoj po naredbi nadležnih državnih organa i drugi događaji i okolnosti, koje naši i međunarodni sudovi priznaju kao višu silu.

Strana koja trpi slučaj više sile dužna je da u roku od 5 dana od dana njenog nastanka obavesti drugu stranu a u slučaju da dejstvo više sile traje duže od 3 meseca druga strana može raskinuti Ugovor.

## **OSTALE ODREDBE**

### **Član 8.**

Ugovorne strane potvrđuju da ne postoje drugi ugovori koji regulišu predmetnu materiju. Ovaj Ugovor predstavlja celoviti sporazum koji se odnosi na ovaj predmet Ugovora i svi prethodni razgovori, pregovori ili sporazumi se ovim ukidaju i važe samo odredbe ovog Ugovora.

### **Član 9.**

Sve eventualne izmene i dopune ovog Ugovora vrši će se posebnim aneksom, koji mora biti zaključen u pisanom obliku.

Aneks se smatra zaključenim kada ga potpišu obe ugovorne strane.

Svi aneksi ovog Ugovora, čine njegov sastavni deo.

### **Član 10.**

Za sve što nije predviđeno ovim Ugovorom, primeniće se pozitivni zakonski propisi.

## **PRELAZNE I ZAVRŠNE ODREDBE**

### **Član 11.**

Sve eventualne sporove po ovom Ugovoru, ugovorne strane će nastojati da reše sporazumno, a u slučaju da do sporazuma ne dodje, spor će se rešavati pred Privrednim sudom u Zaječaru.

Ugovor stupa na snagu danom potpisivanja od strane ovlašćenih predstavnika ugovarača.

Ovaj Ugovor sastavljen je u 6 (šest) istovetnih primerka, od kojih svaka ugovorna strana zadržava po 3 (tri) za svoje potrebe.

INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU

BOR

  
Dr Mile Bugarin, naučni savetnik

METALFER STEEL MILL D.O.O

SREMSKA MITROVICA

  
Branko Zečević



**INSTITUT ZA RUDARSTVO  
I METALURGIJU BOR**  
19210 BOR, ul. Zeleni bulevar 35  
PAK : 602001

PIB 100627146

PE PDV - 122193906

MB 07130279

Tel/Fax. 030 / 454 - 127; Faks: 030 / 436 - 732

Tekući račun - 160 - 42434 - 39

e-mail: tanja.mihajlovic@irmbor.co.rs

KUPAC 401593

**METALFER STEEL MILL DOO**

**SREMSKA MITROVICA**

*Rumski put 27*

*22000 Sremska Mitrovica*

PAK :

PIB: 103917325

MB: 08144605

**KONAČNI RAČUN br.**

**94010512 -20**

Mesto izdavanja : BOR

Datum izdavanja : 28.08.2020.

Datum prometa : 28.08.2020.

Valuta : 08.09.2020.

Ugovor br. 2091/19 od 17.12.2019.

Šifra projekta	Naziv	Poreska osnovica	stopa PDV	Iznos PDV	Vrednost sa PDV
	Tehnološka ispitivanja dobijanja elektrolitičkog cinka	1,950,000.00	20%	390,000.00	2,340,000.00
	Avansni račun br.94010041-20	-416,666.67	20%	-83,333.33	-500,000.00
	Avansni račun br.94010111-20	-558,333.33	20%	-111,666.67	-670,000.00
	Za uplatu	975,000.00	20%	195,000.00	1,170,000.00
<b>UKUPNA VREDNOST sa PDV</b>		<b>1,950,000.00</b>	<b>20%</b>	<b>390,000.00</b>	<b>2,340,000.00</b>

Napomena o poreskom oslobodjenju:

Nema osnova za poresko oslobodjenje

NAPOMENA : UPLATU IZVRŠITE NA TEKUĆI RAČUN. PRILIKOM UPLATE OBAVEZNO SE POZOVITE NA BROJ RAČUNA

U slučaju neblagovremene uplate zaračunavamo zakonsku zateznu kamatu i tražimo naplatu sudskim putem bez prethodne opomene.

U slučaju sudskog spora priznajemo nadležnost Privrednog suda u Zaječaru.

Reklamacije se primaju u roku od 8 dana od datuma izdavanja računa. Reklamacija ne zadržava isplatu.

Fakturisao

Tanja Mihajlović



24 - Rukovodilac

*Vesna Florić*  
Vesna Florić, dipl.ecc.



**PROTOKOL O TESTIRANJU  
(Mišljenje korisnika)**

Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor, za potrebe firme Metalfer Steel Mill, Sremska Mitrovica, izradio je tehničko rešenje:

**„ELEKTROLITIČKO DOBIJANJE CINKA IZ OTPADNE PRAŠINE  
ELEKTROLUČNE PEĆI“**

Autori/Ustanova:

Dr Silvana Dimitrijević, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Dr Radmila Marković, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Dr Ljiljana Avramović, naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Dr Mile Bugarin, naučni savetnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Dr Aleksandra Ivanović, viši naučni saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor  
Vanja Trifinović, istraživač saradnik, Institut za rudarstvo i metalurgiju Bor

**PROTOKOL O TESTIRANJU  
(Metalfer Steel Mill, Sremska Mitrovica)**

Na osnovu Ugovora broj 2091/19 od 17.12.2019. god., potpisanog od strane Metalfer Steel Mill, Sremska Mitrovica, Republika Srbija i Instituta za rudarstvo i metalurgiju Bor, Republika Srbija, realizovana su ispitivanja mogućnosti dobijanja elektrolitičkog cinka nakon tretmana prašina nastalih topljenjem otpada od gvožđa u elektrolučnoj peći (EAF).

U toku procesa topljenja sekundarnog gvožđa u elektrolučnoj peći u železari Metalfer Steel Mill u Sremskoj Mitrovici, generiše se oko 8.000,00 t/god EAF prašine koja pripada kategoriji opasnog industrijskog otpada jer sadrži cink, olovo, kadmijum, i samim tim predstavlja ozbiljan ekološki problem po životnu sredinu.

Od strane kompanije Metalfer Steel Mill dobijen je zahtev za razradu tehnologije za tretman EAF prašine što je predstavljalo polaznu ideju za razmatranje ove problematike kao konkretnog problema nastalog u privredi. Obzirom na značajno prisustvo cinka u EAF prašini koji iznosi 20-35 % Zn, detaljno je razrađen tehnološki postupak u cilju valorizacije cinka do proizvoda elektrolitičkog cinka (cink - blok 99,99%) uz izdvajanje sporednih produkata koji sadrže Co, Ni, Cu, Pb, Ag, pri čemu je krajnji ostatak preveden u neopasan otpad kako bi se eliminisao štetan uticaj na životnu sredinu. Važno je istaći da su istraživanja ovog kompleksnog problema, koji potiče iz privrede, iz procesa proizvodnje čelika gde se generiše EAF prašina koja pripada kategoriji opasnog otpada, značajna u cilju rešavanja pre svega ekoloških problema.

Od strane Metalfer Steel Mill, Sremska Mitrovica, Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor je isporučena količina od 200 kg vlažnog uzorka filterske EAF prašine koja je korišćena za laboratorijska i ispitivanja na uvećanom laboratorijskom nivou.

Ispitivanja su obuhvatila detaljnu karakterizaciju sirovine, eksperimentalna laboratorijska ispitivanja višefaznog luženja cinka iz EAF prašine i prečišćavanje dobijenih lužnih rastvora. Prečišćavanja lužnih rastvora su rađena u cilju uklanjanja Ni, Cd, Cu, Fe, Sb, As i dobijanja elektrolita odgovarajućih karakteristika za dobijanje elektrolitičkog cinka. Elektroliza cinka predstavlja ekstremno osjetljiv proces posebno na sadržaj nečistoća u elektrolitu koje su elektropozitivnije od cinka i koje moraju biti u dozvoljenim limitiranim granicama.. Istraživanja su urađena u Institutu za rudarstvo i metalurgiju u Boru, prvo na laboratorijskom nivou, a zatim je izvedeno testiranje na uvećanom laboratorijskom nivou. Elektrolit korišćen za ispitivanje mogućnosti dobijanja cinka elektrolitičkim postupkom, pripremljen je u Institutu za rudarstvo i metalurgiju Bor, iz sirovine dostavljene od strane Metalfer Steel Mill, Sremska Mitrovica. Elektrolit je dobijen višestepenim luženjem EAF prašine i prečišćavanjem lužnog rastvora od prisutnih nečistoća.

Ovim Protokolom o testiranju se potvrđuje da su u okviru ugovorenih ispitivanja izvršena detaljna laboratorijska ispitivanja postupka elektrolitičkog dobijanja cinka iz elektrolita nastalog u procesu tretmana filterske prašine iz Metalfer Steel Mill, Sremska Mitrovica, na osnovu kojih su definisani optimalni tehnološki parametri za odvijanje procesa.

Testiranje tehnološkog procesa elektrolitičkog dobijanja cinka, definisanog u laboratorijskim uslovima, realizovano je na uvećanom laboratorijskom postrojenju, koje je vlasništvo Instituta za rudarstvo i metalurgiju Boru, prilagođenog zahtevima za izvođenje procesa elektrolitičkog izdvajanja cinka iz prečišćenog lužnog rastvora (elektrolita). U toku odvijanja procesa, početna koncentracija cinka sa 118,3 g/l smanjena je na 100,8 g/l, a koncentracija sumporne kiseline je od polazne vrednosti od 139,0 g/l porasla na 163,9 g/l, za vreme od 24 h.

Hemijska analiza dobijenog katodnog cinka je pokazala da je postignut kvalitet katodnog depozita čistoće 99,99 % Zn.

Potrošnja električne energije pri ovom testiranju iznosila je 3190 kWh/t katodnog cinka, pri čemu je postignuto iskorišćenje struje od 87,4%.

Dobijeni rezultati testiranja mogu da posluže kao osnova za projektovanje postojenja za elektrolitičko izdvajanje cinka iz elektrolita dobijenog nakon prečišćavanja lužnog rastvora, nastalog u postupku višestepenog luženja EAF prašine generisane u procesu topljenja gvožđa u elektrolučnoj peći u kompaniji Metalfer Steel Mill, Sremska Mitrovica .

Direktor Metalfer Steel Mill

Dr Jelena Zakonović



**INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU**  
**PROBNA ANALITIČKA KARTICA**  
**ZA 2020 GODINU**

NALOG	DATUM	BROJ RAČUNA	DPO	VAL	OPIS	DUGUJE	POTRAŽUJE
<b>Konto 20400 - KUPCI ZA PROIZVODE I USLUGE U ZEMLJI</b>							
<b>Šifra knjiženja</b>	<b>0401593</b>	<b>METALFER STEEL MILL DOO</b>					
199	007/99001	31.01.20	95110007-20	13.01.20	23.01.20	METALFER STEEL MILL ISPIT.OTPAD.MATERIJA A(AV.RN.95110499-19)	719.696,70
199	012/99005	31.01.20	95110007-20	31.01.20	31.01.20	METALFER STILL MILL KONACNI RN.95110007-20	360.371,00
199	295/99155	14.08.20	94010512-20	14.08.20	14.08.20	METALFER	359.325,70
199	007/99008	31.08.20	94010512-20	28.08.20	08.09.20	METALFER STEEL MILL UG.2091/19- ISP.ELEKTROLIČKOG CINKA	2.340.000,00
199	012/99042	31.08.20	94010512-20 KONACNI RN.	31.08.20	31.08.20	METALFER STEEL MILL	1.170.000,00
199	295/99191	05.10.20	94010512-20	05.10.20	05.10.20	METALFER STEEL MILL	500.000,00
199	295/99204	21.10.20	94010512-20	21.10.20	21.10.20	METALFER STEEL MILL	670.000,00
Ukupno u periodu za : <b>METALFER STEEL MILL DOO</b>						<b>3.059.696,70</b>	<b>3.059.696,70</b>
<b>UKUPAN PROMET :</b>						<b>3.059.696,70</b>	<b>3.059.696,70</b>
<b>SALDO :</b>							

136	SPORT VISION, ... 170-0000301008540-65	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	522.00	✓		246	Obustave od penzija i zarada	23000002994	955PLBE200580RXX
137	APOLON STIL, ... 160-0000000401414-89	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	465.00	✓		246	Obustave od penzija i zarada		955PLIE200580C82
138	KAMELEON MM, ... ZAJECAR 275-0010222095994-63	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	425.00	✓		246	Obustave od penzija i zarada		955PLBE200580RIL
139	AKTIV OPSTINSKE UPRAVE, ... 105-0000407405019-07	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	400.00	✓		246	Obustave od penzija i zarada		955PLBE200580RHS
140	AKTIV ZENA 2015 - danarina, ... 160-0000000406155-28	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	400.00	✓		246	Obustave od penzija i zarada		955PLIE200580BWB
141	AKTIV ZENA RTB BOR, ... VALJERTA 29.BOR 160-0000000439427-25	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	250.00	✓		246	Obustave od penzija i zarada		955PLIE200580CG4
142	TRGO-TEX PLUS - LESKOVAC 200-2604880201026-83	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	212.50	✓		246	Obustave od penzija i zarada		955PLBE200580RKS
143	SINDIKALNA KASA - ulog, ... 105-00000002269527-72	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	150.00	✓		246	Obustave od penzija i zarada		955PLBE200580R12
144	METALFER STEEL MILL DOO, RUMSKI PUT 27, SREMSKA MITROVICA 370-0000000219812-86	NLB Banka AD Beograd 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	670.000,00			221	PREOSTALI DEO PO PREDRACUNU BROJ 94010001 [08700079401723] <i>S-40593</i>	94010001	000DOPR200581FXV
145	AIK BANKA AD BEOGRAD, BULEVAR MIHALA PUPINA 115B, NOVI BEOGRA 105-000000000100-20	Agrindustrijsko komercijalna banka AIK Banka ad Beograd 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	9.739.65			246	UGASEN RN105000000225863074, S.T.K.R. INES [5958200589840775] <i>VRATELO HA RACUN 28.2.20.</i>		000DOPR2005820RD
146	INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR, ZELENI BULEVAR 35 160-00000000042434-38	999905 OfficeBanking 27.02.2020 27.02.2020 27.02.2020	7.109.50			346	Obustave od penzija i zarada - stambeni <i>01/2020</i>		955PLIE200580C85

Izvod broj 38

Za račun 160-0000000042434-38

Izvod za datum: 27.02.2020

Štampano: 28.02.2020

Strana 14



136	TRGO-TEX PLUS -LESKOVAC 200-2604880201026-83	999905 OfficeBanking 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	212.50	21	246	Obustave od penzija i zarada		955PLBE200290AIW
137	SINDIKALNA KASA - ulog... 105-0000002269527-72	999905 OfficeBanking 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	150.00	21	246	Obustave od penzija i zarada		955PLBE200290AJD
138	INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR- 840-0000000022723-53	Uprava za trezor 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	2,000,000.00	263	OSTALI TRANSFERI (UNNA4230130000111 PREDIOS SA TREZORA		000DOPR200290Q1S	
139	METALFER STEEL MILL DOO, RUMSKI PUT 27 SREMKA MITROVICA,- 275-0020222618471-05	OTP Banka Srbija AD Beograd 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	500,000.00	221	DEO PO PREDRACUNU BROJ: 9401000111FPULSAX65173AX 1029202751721341 S-401593	94010001 0	000DOPR200291HV0	
140	J.P. POŠTA SRBIJE BEOGRAD, TAKOVSKA 2 BEOGRAD-PALILULA 160-000000000800-04	999902 HALKOM 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	40,800.00	221	SAP-2002003983-Promet robe i usluga, S-01307	95140814-19 1951013343	952PLIH20029000D	
141	INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR,ZELENI BULEVAR 35, 160-0000000042434-38	999905 OfficeBanking 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	11,784.74	346	Obustave od penzija i zarada-prekoracanje po tel,racunu v M142/2019 Promerofe v M142/2019 Promerofe		955PLIE2002905Q6	
142	AIK BANKA AD BEOGRAD BULEVAR MIHAILA PUPINA 1152 NOVI BEOGRA 105-000000000100-20	Agroindustrijsko komercijalna banka AIK Banka ad Beograd 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	11,289.60	346	UGASEN RN1050000000225863074.S.T.K.R. INES159382002925779611 Povratni obustave *		000DOPR200290S7B	
143	INSTITUT ZA RUDARSTVO I METALURGIJU BOR,ZELENI BULEVAR 35, 160-0000000042434-38	999905 OfficeBanking 29.01.2020 29.01.2020 29.01.2020	7,109.52	346	Obustave od penzija i zarada v Stamboris M12019		955PLIE2002904Y7	

Ukupno za račun 160-0000000042434-38  
(postoji 143 naloga)

Ukupno dinara	8,538,639.40	2,570,983.86
---------------	--------------	--------------



4	BANCA INTESA AD BEOGRAD, DBDRS BGXXX, RS 160-6000000076316-21	0000 BEOGRAD 05.10.2020 01.10.2020 01.10.2020	200,00	<i>S-119872</i>	221	Naknada za registraciju ili brisanje menica		000BOEDRSDL00001
5	VISI SUD U ZAJECARU, ZAJECAR, - B40-0000029587845-32	999905 OfficeBanking 05.10.2020 05.10.2020 05.10.2020	190,00	<i>[Signature]</i>	253	Uplata takse za izdavanje uverenja za Milera Bugajna, ul. Cara Lazara 10/10, Bor	[97]41-116	955PLBE202790AQV
6	VISI SUD U ZAJECARU, ZAJECAR, - B40-0000029587845-32	999905 OfficeBanking 05.10.2020 05.10.2020 05.10.2020	190,00	<i>[Signature]</i>	253	Uplata takse za izdavanje uverenja za PRAVNO LICE	[97]41-116	955PLBE202790AQX
7	METALFER STEEL MILL DOO, RUMSKI PUT 27, SREMSKA MITROVICA 310-000000219812-86	NLB Banka AD Beograd 05.10.2020 05.10.2020 05.10.2020		500.000,00	221	DEO PO KON. RN 94010512-20 [08700033542001] <i>S-401593</i>	94010512-20	000DOPR202792XAO

Ukupno za račun 160-0000000042434-38  
(postoji 7 naloga)

Ukupno dinara	388.957,00	500.000,00
---------------	------------	------------

Izvod broji 191

Za račun 160-0000000042434-38

Izvod za datum: 05.10.2020

Štampano: 06.10.2020

Strana 2

4	SERBIA ZIJIN COPPER DOO BOR, BOR - 330-0000004019891-56	999905 OfficeBanking 21.10.2020 21.10.2020 21.10.2020	22.778,95	S-239896	221	Uplata po predračunu br. 569/2020	569/2020	955PLBE202950GV8
5	PRIVREDNI SUD, ZAJEGAR, - 840-0000029697845-26	999905 OfficeBanking 21.10.2020 21.10.2020 21.10.2020	190,00	S-40830	253	Taksa za uverenje	Sl. sl. 15/10	955PLBE2029507H8
6	PRIVREDNI SUD, ZAJEGAR, - 840-0000029697845-26	999905 OfficeBanking 21.10.2020 21.10.2020 21.10.2020	190,00	-	253	Taksa za uverenje	Pk. sl. 24/120	955PLBE2029507H7
7	METALFER STEEL MILL DOO RUMSKI PUT 27 SREMSKA MITROVICA, - 275-0020222618471-05	OTP Banka Srbija AD Beograd 21.10.2020 21.10.2020 21.10.2020	670.000,00	S-40593	221	PO RN KON RN 94010512-2011FQDV0JYJ0814GL [29520275199197]	KON.RN 94010512-20 0	000DOPR2029534RP

Ukupno za račun 160-0000000042434-38  
(postoji 7 naloga)

Ukupno dinara	174.572,80	670.000,00
---------------	------------	------------

Izvod broj 204

Za račun 160-0000000042434-38

Izvod za datum: 21.10.2020

Štampano: 22.10.2020

Strana 2

**Научном већу ИРМ-а Бор**

Предмет: Рецензија техничког решења бр. Т1/2021

## **ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ**

Аутори:

др Силвана Димитријевић, виши научни сарадник

др Радмила Марковић, виши научни сарадник

др Љиљана Аврамовић научни сарадник

др Миле Бугарин, научни саветник

др Александра Ивановић, виши научни сарадник

Вања Трифуновић, истраживач сарадник

Одлуком Научног Већа ИРМ-а Бор, бр. X/5. од 27.12.2021. год, именован сам за рецензента техничког решења под називом: **"ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ"**.

Предложено техничко решење је резултат реализације пројеката финансијски подржаног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, уговор бр. 451-03-9 / 2021-14 / 200052 и научно-техничке сарадње са Металфер Група, Сремска Митровица, Република Србија.

На основу прегледа достављених материјала, достављам своје:

### **МИШЉЕЊЕ**

Техничко решење под називом **"ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ"** је написано на 35 страна са 7 слика и 9 табела. Техничко решење урађено у складу са захтевима дефинисаним Правилником о стицању истраживачких и научних звања "Службени гласник РС", број 159 од 30. децембра 2020. састоји се од следећих целина:

- 1) име и презиме аутора решења;
- 2) назив техничког решења;
- 3) кључне речи;
- 4) за кога је решење рађено (правно лице или грана привреде);
- 5) годину када је решење комплетирано;
- 6) годину када је почело да се примењује и од кога;
- 7) област и научну дисциплину на коју се техничко решење односи;
- 8) проблем који се техничким решењем решава;
- 9) стање решености тог проблема у свету;
- 10) опис техничког решења;
- 11) техничка документација, листа раније прихваћених техничких решења за сваког од аутора појединачно.

Техничко решење садржи и следеће прилоге:

- 1) Уговор Металфер Група – Институт за рударство и металургију Бор
- 2) Рачун Металфер Група
- 3) Протокол о тестирању потписан од стране Металфера
- 4) Књиговодствена аналитичка картица
- 5) Извод из банке

Предложеним поступком електролитичког добијања цинка из раствора добијеног лужењем прашине електролучне пећи и пречишћавањем лужног раствора од нечистоћа, пре свега кадмијума, никла, гвожђа, антимона и бакра добијен је катодни цинк комерцијалног квалитета (99,99%). На основу свега наведеног, доносим следећи:

### ЗАКЉУЧАК

**Техничко решење под називом "ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ"**, припремљено је у складу са важећим Правилником о стицању истраживачких и научних звања "Службени гласник РС", број 159 од 30. децембра 2020.

У техничком решењу приказане су све неопходне информације о области на коју се техничко решење односи и проблем који се њиме решава, као и детаљан опис новог технолошког поступка.

Остварени резултати (технолошки параметри) добијени истраживањима на лабораторијском нивоу и потврђени на увећаном лабораторијском постројењу потврђују употребљивост технолошког поступка за електролитичко добијање цинка из прашине електролучне пећи.

На основу изложених аргумената препоручујем да се Техничко решење прихвати и сврста у категорију **M85 (Ново техничко решење – није комерцијализовано)**.

Датум: 10.01.2021. год.

Рецезент



Проф. др Срба Младеновић, ванредни професор, Технички факултет  
у Бору, Универзитет у Београду

Научном већу ИРМ-а Бор

Предмет: Рецензија техничког решења бр. Т1/2021

## **ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ**

Аутори:

др Силвана Димитријевић, виши научни сарадник

др Радмила Марковић, виши научни сарадник

др Љиљана Аврамовић научни сарадник

др Миле Бугарин, научни саветник

др Александра Ивановић, виши научни сарадник

Вања Трифуновић, истраживач сарадник

Одлуком Научног Већа ИРМ-а Бор, бр. X/5 од 27.12.2021.. год, именована сам за рецензента техничког решења под називом: **"ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ"**.

Предложено техничко решење је резултат реализације пројеката финансијски подржаног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије, уговор бр. 451-03-9 / 2021-14 / 200052 и научно-техничке сарадње са Металфер Група, Сремска Митровица, Република Србија.

На основу прегледа достављених материјала, достављам своје:

### **МИШЉЕЊЕ**

Техничко решење под називом **"ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ"** је урађено у складу са захтевима дефинисаним Правилником о стицању истраживачких и научних звања "Службени гласник РС", број 159 од 30. децембра 2020. и састоји се од следећих целина:

- 1) име и презиме аутора решења;
- 2) назив техничког решења;
- 3) кључне речи;
- 4) за кога је решење рађено (правно лице или грана привреде);
- 5) годину када је решење комплетирано;
- 6) годину када је почело да се примењује и од кога;
- 7) област и научну дисциплину на коју се техничко решење односи;
- 8) проблем који се техничким решењем решава;
- 9) стање решености тог проблема у свету;
- 10) опис техничког решења;
- 11) техничка документација, листа раније прихваћених техничких решења за сваког од аутора појединачно.



Предложено техничко решење је представљено на 35 страна и садржи следеће прилоге: Уговор Металфер Група – Институт за рударство и металургију Бор, Рачун Металфер Група, Протокол о тестирању потписан од стране Металфера, Књиговодствена аналитичка картица и Извод из банке.

Поглавље: 10) Опис техничког решења садржи следеће целине:

- Теоријске основе електролитичког добијања цинка
- Истраживања на лабораторијском нивоу (добијање електролитичког цинка из синтетичког електролита и електролита добијеног лужењем прашине и пречишћавањем лужног раствора)
- Тестирање на увећаном лабораторијском постројењу
- Закључак

као и 7 слика и 9 табела. Наведена поглавља у којима је описано техничко решење дају јасну слику о употребљивости предложеног поступка за добијање електролитичког цинка из отпадне прашине електролучне пећи.

## ЗАКЉУЧАК


**Техничко решење под називом "ЕЛЕКТРОЛИТИЧКО ДОБИЈАЊЕ ЦИНКА ИЗ ОТПАДНЕ ПРАШИНЕ ЕЛЕКТРОЛУЧНЕ ПЕЋИ"**, припремљено је у складу са важећим Правилником о стицању истраживачких и научних звања "Службени гласник РС", број 159 од 30. децембра 2020.

У техничком решењу приказане су све неопходне информације о области на коју се техничко решење односи и проблем који се њиме решава, као и детаљан опис новог технолошког поступка. Такође, усвојени технолошки параметри процеса, потврђени на увећаном лабораторијском постројењу потврђују употребљивост технолошког поступка за електролитичко добијање цинка из прашине електролучне пећи.

На основу изложених аргумената препоручујем да се Техничко решење прихвати и сврста у категорију **M85 (Ново техничко решење – није комерцијализовано)**.

Датум: 10. 1. 2022. год.

Рецензент



др Сузана Величковић, научни саветник,  
Институт за нуклеарне науке „Винча“-  
Институт од националног значаја за Републику Србију,  
Универзитет у Београду



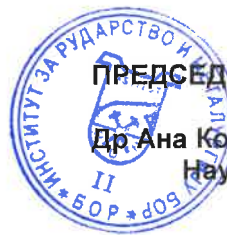
**ИНСТИТУТ ЗА РУДАРСТВО  
И МЕТАЛУРГИЈУ БОР  
НАУЧНО ВЕЋЕ**  
Број: XII/5.  
Од 02.02.2022. године

На основу Правилника о стицању истраживачких и научних звања, прилог 2 (Сл.гласник РС бр.159/2020), Научно веће је на XII-ој седници одржаној дана 02.02.2022. године донело:

**ОДЛУКУ**  
**о прихватању техничког решења**

I

На основу покренутог поступка за валидацијом и верификацијом техничког решења под називом: „Електролитичко добијање цинка из отпадне прашине електролучне пећи“, аутори: др Силвана Димитријевић, др Радмила Марковић, др Љиљана Аврамовић, др Миле Бугарин, др Александра Ивановић и Вања Трифуновић, и мишљења рецензента и корисника о наведеном техничком решењу, Научно веће је донело Одлуку о прихватању наведеног техничког решења.



**ПРЕДСЕДНИК НАУЧНОГ ВЕЋА**  
*А.Костов*  
Др Ана Костов, дипл.инж.мет.  
Научни саветник

Институт за рударство и металургију Бор  
E-mail: ana.kostov@irmbor.co.rs  
Председник научног већа: Др Ана Костов  
Датум: 30.05.2022. године

Поштовани,

На основу Вашег захтева X/5 од 27.12.2021. године за потврду оцене техничког решења под називом „**Електролитичко добијање цинка из отпадне прашине електролучне пећи**“, аутора: др Силвана Димитријевић, др Радмила Марковић, др Љиљана Аврамовић, др Миле Бугарин, др Алаксандра Ивановић и Вања Трифуновић, (2021). Предложена категорија М85, Ново техничко решење-није комерцијализовано на основу мишљења извештача.

Обавештавам Вас следеће:

Након прибављеног мишљења о наведеном техничком решењу чланови МНО за уређење, заштиту и коришћење вода, земљишта и ваздуха су, на седници одржаној 30.05.2022. године, усвојили предлог да техничко решење под називом „**Електролитичко добијање цинка из отпадне прашине електролучне пећи**“, аутора: др Силвана Димитријевић, др Радмила Марковић, др Љиљана Аврамовић, др Миле Бугарин, др Алаксандра Ивановић и Вања Трифуновић из 2021. године, **ИСПУЊАВА** све услове предвиђене *Правилником о стицању истраживачких и научних звања* („Службени гласник РС“, број 159/2020) за доделу категорије **М85, Ново техничко решење-није комерцијализовано.**

Предлог се доставља МПНТР РС ради процене и прихватања истог.

Председник МНО за уређење, заштиту и  
коришћење вода, земљишта и ваздуха

Проф. др Саша Орловић

