

Број захтева: _____

Датум: _____

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 46. став 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета" број 131/06), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Предрага (Бранимир) Ђорђевића

КАНДИДАТ: **Предраг (Бранимир) Ђорђевић**

Пријавила је докторску дисертацију под називом:

МОДЕЛОВАЊЕ ДИСТРИБУЦИЈЕ БАКРА И ПРАТЕЋИХ ЕЛЕМЕНАТА У ПРОЦЕСУ ТОПЉЕЊА СУЛФИДНИХ КОНЦЕНТРАТА БАКРА

Из научне области: **Инжењерски менаџмент**

Универзитет је дана **22.10.2012.** године својим актом под бројем **06-20782/31-12** дао сагласност на предлог теме дисертације која гласи: **МОДЕЛОВАЊЕ ДИСТРИБУЦИЈЕ БАКРА И ПРАТЕЋИХ ЕЛЕМЕНАТА У ПРОЦЕСУ ТОПЉЕЊА СУЛФИДНИХ КОНЦЕНТРАТА БАКРА**

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата:

Предрага (Бранимир) Ђорђевића

образована је на седници одржаној **20.10.2012.** године, одлуком факултета под бр. **VI/4-3-7**, у саставу:

Име и презиме члана комисије / звање / научна област / установа у којој је запослен

1. Др Живан Живковић, ред. професор, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, ментор
2. Др Иван Михајловић, ван. професор, инжењерски менаџмент, Технички факултет у Бору, члан
3. Др Ана Костов, научни саветник, материјали и хемијска технологија, Институт за рударство и металургију у Бору, члан

Наставно-научно веће факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **21.02.2013.** године, под бројем: **VI/4-4-13.2**

Декан Факултета

Проф. др Милан Антонијевић

Прилог:

1. Извештај комисије са предлогом
2. Акт наставно-научног већа факултета о усвајању извештаја.
3. Примедбе дате у току стављања извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-4-13.2.
Бор, 22. 02. 2013. године

На основу чл. 47. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно научно веће Факултета, на седници одржаној 21. 02. 2013. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата: **Предрага Ђорђевића**, дипл. инж. инжењер. менаџмента - мастер под називом: „**Моделовање дистрибуције бакра и пратећих елемената у процесу топљења сулфидних концентрата бакра**“, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана 22. 10. 2012. године дао сагласност на предлог теме докторске дисертације.

III Радови из научних часописа са листе која је утврђена као релевантна за вредновање научне компетенције у одређеном научном пољу:

Djordjevic, P., Zivkovic, Z., Mihajlovic, I., Strbac, N. (2011). Statistical modeling of the copper losses in the reverberatory furnace slag. *Metalurgia International*, 16(10): 120-125. ISSN = 1582-2214. IF = 0.084

Djordjevic, P., Mitevska, N., Mihajlovi, I., Nikolić, D., Živković, Ž. (2013). Effect of the slag basicity on the coefficient of distribution between copper matte and the slag for certain metals. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, (In press). ISSN = 0882-7508; IF = 0.667

Djordjevic, P., Mitevska, N., Mihajlovic, I., Nikolić, D., Manasijevic, D., Zivkovic, Z. (2012). The effect of copper content in the matte on the distribution coefficients between the slag and the matte for certain elements in the sulphide copper concentrate smelting process. *Journal of Mining and Metallurgy Section B-Metallurgy*, 48(1): 143-151. ISSN = 1450-5339. IF = 1.317

IV Именовани ће бранити докторску дисертацију пред Комисијом у саставу:

1. др Живан Живковић, редовни професор Техничког факултета у Бору – ментор;
2. др Иван Михајловић, ванредни професор Техничког факултета у Бору – члан;
3. др Ана Костов, научни саветник Института за рударство и металургију у Бору – члан.

V Одлуку доставити надлежном Већу научних области Универзитета у Београду, ради давања сагласности. Докторска дисертација из става 1. ове одлуке подобна је за одбрану након добијања сагласности именованог Већа Универзитета.

VI О термину одбране благовремено се обавештава стручна служба ради обављања претходних активности.

Доставити:

- именованом
- Већу научних области Универзитета у Београду
- студентској служби
- архиви

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Милан Антонијевић

Predmet: Izveštaj Komisije o urađenoj doktorskoj disertaciji Predraga Đorđevića

Odlukom Nastavno-naučnog veća br.VI/4-3-7 od 20.12.2012. godine određeni smo za članove Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata Predraga Đorđevića pod nazivom: *“Modelovanje distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata bakra”*. Posle pregleda urađene doktorske disertacije i prateće dokumentacije koja nam je dostavljena podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

1. UVOD

1.1. Naslov i obim disertacije

Naslov doktorske disertacije kandidata Predraga Đorđevića je: *„Modelovanje distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata bakra“*, napisana je u obimu od 89 strana sa 14 tabela, 18 slika, 94 literaturnih citata i sastoji se od sedam poglavlja.

1.2. Hronologija odobravanja u izradi disertacije

Hronologija odobravanja u procesu izrade doktorske disertacije protekla je sledećom dinamikom:

- Dana 27.06.2012. god. Nastavno - naučnom veću podnet je zahtev za odobrenje teme doktorske disertacije,
- Odlukom Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru br. VI/4-25-16.1. od 05.07.2012. godine imenovana je Komisija za ocenu naučne zasnovanosti prijavljene teme za izradu doktorske disertacije.
- Odlukom br. VI/4-26-11.2. od 20.09.2012., na sednici Nastavno-naučnog veća Tehničkog fakulteta u Boru, prihvaćen je Izveštaj o naučnoj zasnovanosti predložene teme za izradu doktorske disertacije.
- Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu na sednici održanoj 22.10.2012. godine, br. 06-20782/31-12, donelo je odluku o saglasnosti na predlog teme za izradu doktorske disertacije.
- Nastavno – naučno veće Tehničkog fakulteta u Boru na sednici održanoj 20.12.2012. godine, odluka br. VI/4-3-7 imenovalo je Komisiju za ocenu i odbranu doktorske disertacije, koja u ovoj formi podnosi svoj Izveštaj.

1.3. Mesto disertacije u odgovarajućoj naučnoj oblasti

Predmet istraživanja u doktorskoj disertaciji pripada tehničko-tehnološkoj oblasti, naučnoj oblasti inženjerskog menadžmenta za koju je Tehnički fakultet u Boru akreditovan za sva tri nivoa studija.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Struktura i sadržaj disertacije

Disertacija je napisana na 89 stranica teksta koji je raspoređen u sedam poglavlja i to: 1. Uvod (Definisano je mesto i uloga procesa topljenja sulfidnog koncentrata bakra u pirometalurškom postupku dobijanja bakra i značaj istraživanja ovog dela procesa); 2- Literaturni pregled dosadašnjih istraživanja problematike distribucije bakra i pratećih elemenata između šljake i bakrenca (Dat je hronološki pregled dosadašnjih istraživanja navedene problematike); 3 – Ciljevi istraživanja (definisane su osnovne hipoteze koje treba dokazati tokom istraživanja); 4 – Eksperimentalni deo (Definisane su metode prikupljanja podataka i načini kvantitativnih određivanja razmatranih elemenata); 5 – Diskusija rezultata (Razmatran je uticaj sadržaja bakra u kamenca na distribuciju bakra i pratećih elemenata između kamenca u šljake, kao i uticaj baziciteta šljake na ovu distribuciju. Takođe razmatrana je distribucija sumpora između kamenca šljake i gasne faze kao uzroka emisije sumpordioksida u atmosferu); 6 – Zaključak (Diskutovani su ostvareni rezultati sa aspekta dokazivanja postavljenih hipoteza i ciljeva istraživanja); 7 – Literatura (navodi se 94 literaturnih izvora uglavnom iz časopisa sa IF publikovanih u novije vreme što ukazuje na aktuelnost istraživanja).

2.2. Kratak prikaz pojedinih poglavlja

U prvom poglavlju daju se uvodne napomene o doktorskoj disertaciji gde se definiše mesto i uloga procesa topljenja u pirometalurškom postupku dobijanja bakra sa posebnim osvrtom na stvaranje šljake i njenog razdvajanja od kamenca kao korisne faze u tehnološkom procesu.

U drugom poglavlju daje se hronološki pregled dosadašnjeg istraživanja značaja razdvajanja šljake od kamenca i značaja distribucije bakra i pratećih elemenata u ovom procesu, sa aspekta rastvorljivosti bakra (Jalkanen et.al., 2003, Fernandez et.al., 2012) i sastava šljake (Mitevska, 2000; Živković et.al, 2010). Razmatrani su rezultati istraživanja u procesima topljenja sulfidnih koncentrata u plamenim pećima, fleš procesu i El Teniente procesu. Razmatrani su rezultati distribucije bakra, bizmuta, antimona, olova, nikla i arsena u zavisnosti od tehnoloških parametara odvijanja procesa (Mitevska i Živković, 2002). Razmatraju se pokušaji matematičkog modelovanja dobijenih podataka iz prakse u cilju prognoze gubitaka bakra sa šljakom i upravljanja procesom topljenja u cilju ostvarivanja boljih tehnoloških rezultata. Modelovanje pojedinih faza u pirometalurškim procesima se u novije vreme sve više koristi kao metodologija istraživanja za definisanje upravljačkih modela za vođenje pojedinih tehnoloških procesa (Gui et.al., 2007; Liu et.al., 2009; Živković et.al., 2010). Razmatrano je korišćenje linearnih i nelinearnih modela, među kojima su ANN i ANFIS metodologija (Lei i Won, 2012).

U trećem poglavlju, na osnovu sumiranog pregleda dosadašnjih rezultata istraživanja distribucije bakra i pratećih elemenata između šljake i kamenca u procesu topljenja sulfidnih koncentrata, posebno sa stanovišta definisanja matematičkih modela za prognozu sadržaja pojedinih elemenata u pojedinim fazama nastalih u procesu topljenja, definisani su ciljevi i

hipoteze koje treba dokazati istraživanjem u predmetnoj disertaciji. Kao prvo definisan je cilj da se dokaže hipoteza da sastav kamenca (sadržaj bakra u kamencu) utiče na distribuciju bakra i pratećih elemenata između kamenca i šljake. Drugi cilj je postavljen da se definiše uticaj baziciteta šljake na distribuciju bakra i pratećih elemenata između kamenca i šljake. Pored bakra razmatrana je i distribucija Au, Ag, Pb, Zn, Ni, As, Sb, Se, Te, Bi, Co u zavisnosti od afiniteta prema osnovnim elementima sadržanih u kamencu - Cu i Fe. Postavljen je i cilj da se definiše model zavisnosti sadržaja bakra u šljaci od tehnološkog parametara procesa, kao ključnog pokazatelja ekonomije celog pirometalurškog postupka dobijanja bakra, u cilju boljeg upravljanja rezultatima tehnološkog procesa. U zadnjem poglavlju definisan je cilj da se definisanjem distribucije sumpora odredi model prognoze emisije sumpordioksida i odredi vrednost indeksa kvaliteta vazduha (AQI – Air Quality Index) na osnovu dnevnih imisija u okolini topionice bakra.

U četvrtom poglavlju definisana je metodologija eksperimentalnog uzimanja uzoraka iz proizvodne prakse procesa topljenja koncentrata bakra kao i izbor standardizovanih metoda za kvantitativno određivanje pojedinih elemenata u razmatranim fazama: kamencu, šljaci i gasnoj fazi.

U petom poglavlju diskutuju se dobijeni rezultati kroz četiri potpoglavlja i to: U prvom potpoglavlju diskutuju se rezultati uticaja sadržaja bakra u kamencu na distribuciju bakra i pratećih elemenata između kamenca i šljake u kome su određeni koeficijenti distribucije za Cu, Ag, Se, Ni, As, Pb, Sb i Zn za raspon sadržaja bakra u kamencu od 35,5 do 42% Cu. Utvrđeno je, da sa porastom sadržaja Cu u kamencu koeficijent distribucije između šljake i kamenca za Cu, Zn, Pb i Ni raste a za Ag, Se, As i Sb opada. Objašnjenje ovakve distribucije dato je preko odnosa ΔG^{xs} za sisteme Cu – Me i Fe – Me na 1200 °C i međufaznih fenomena na granici deoba faza kamenac - šljaka, što je ukazalo da su proučavani sistemi složeni i da zahtevaju dodatno istraživanje. U drugom potpoglavlju izvršeno je istraživanje uticaja baziciteta šljake na koeficijente distribucije bakra i pratećih elemenata (Au, Bi, Se, Ag, Te, Ni, Co, Pb, As, Sb, Zn) između šljake i kamenca korišćenjem statističkih alata multi-linearne regresione analize (MLRA) u kome su utvrđene MLRA zavisnosti između koeficijenta distribucije $L^{S/M}_{Me}$ od sastava šljake i baziciteta šljake. Određene zavisnosti $L^{S/M}_{Me}$ od baziciteta šljake imaju prihvatljive veličine koeficijenta determinacije i prihvatljive vrednost statističke značajnosti. Dobijeni rezultati ukazuju da sastav šljake u velikoj meri utiče na distribuciju bakra i svih pratećih elemenata između šljake i kamenca. Interakcije između osnovnih komponenata šljake FeO, CaO i SiO₂, ili odnos baznih prema kiselim oksidima koji je definisan bazicitetom šljake, u velikoj meri utiče na distribuciju svih proučavanih metala između šljake i kamenca. S obzirom da se sastavom šljake može upravljati, dobijeni rezultati daju mogućnosti za upravljanje distribucijom ovih elemenata, odnosno konačnim gubicima proučavanih elemenata sa šljakom u fazi topljenja pirometalurškog postupka dobijanja bakra. U trećem potpoglavlju razmatrana je mogućnost modelovanja gubitka bakra sa šljakom topljenja u zavisnosti od sastava šljake na osnovu rezultata dobijenih u industrijskoj proizvodnji topionice bakra u Boru u toku 2011 godine sa 299 validnih setova podataka. Konačni model zavisnosti Cu(šljaka) = f(sastav šljake) definisan je metodom veštačkih neuronskih mreža (Artificial Neural Networks – ANNs). Dobijeni rezultat u fazi treninga mreže ima vrednost koeficijenta determinacije $R^2 = 0.796$ a u fazi testiranja $R^2 = 0.762$. Validacija definisanog modela vršena je tokom 2012. godine sa vrednošću $R^2 = 0.792$ (ova vrednost se ne pominje u tom poglavlju, samo prethodne dve za R^2). Dobijeni rezultati ukazuju da se upravljanje i kontrola nad gubicima bakra u šljaci može ostvarivati sa tačnošću od preko 79%, putem kontrole sastava ulazne šarže.

U četvrtom potpoglavlju proučavana je distribucija SO₂ gasa u okolini topionice bakra kao posledica distribucije sumpora u fazi topljenja između kamenca, šljake i gasne faze i konvertorovanja između blister bakra, šljake i gasne faze. Posebno su proučavane epizode ekstremno visokih koncentracija SO₂ u urbanoj sredini i određene vrednosti AQI (Air Quality Index). Takođe imajući u vidu i sadržaj As, Cd, Pb, Cu i Hg u taložnim materijama, korišćenjem metode PROMETHEE II – GAIA, rangirane su lokacije po nivou rizika po zdravlje ljudi u urbanoj okolini topionice bakra.

U šestom poglavlju koje predstavlja zaključna razmatranja upoređivanjem postavljenih ciljeva istraživanja kroz hipoteze mogućih ostvarenja i ostvarenih rezultata u toku istraživanja, vrši se dokazivanje definisanih zavisnosti koeficijenata distribucije bakra i pratećih elemenata između šljake i kamenca od sadržaja bakra u kamencu i baziciteta šljake. Komentariše se definisani matematički model definisan metodom ANN između sadržaja bakra u šljaci i sastava šljake kao modela upravljanja procesom topljenja preko sastava ulazne šarže. Na osnovu definisanih korelacija između emitovanog sumpora kao posledice njegove distribucije između šljake, kamenca i gasovite faze u procesu topljenja i blister bakra, šljake i gasovite faze u procesu konvertorovanja definisan je model prognoze epizoda ekstremnih koncentracija SO₂ u urbanoj okolini topionice i višekriterijumsko rangiranje lokacija sa izraženim rizikom po zdravlje ljudi. Kandidat takođe ukazuje na moguće pravce daljeg istraživanja.

U sedmom poglavlju u spisku literature navodi se 94 literaturnih citata uglavnom iz časopisa sa IF. Najveći broj među njima je publikovano u zadnjih nekoliko godina što ukazuje na aktuelnost istraživanja.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost, originalnost i značaj

Modelovanje pojedinih tehnoloških procesa u cilju predviđanja ishoda – autput procesa u novije vreme postaje sve aktuelnije, pre svega sa aspekta upravljanja parametrima autputa ovih procesa u cilju postizanja željenih ishoda. Modelovanje pojedinih faza pirometalurškog postupka dobijanja bakra, posebno faze topljenja, privlači pažnju istraživača sa aspekta međufaznih fenomena na granici deobe faza kamenac – šljaka – gasna faza. U principu, u mnogim slučajevima modelovanje se vrši na osnovu laboratorijskih istraživanja gde je pouzdanost dobijenih rezultata vrlo visoka. Međutim, u slučaju procesa topljenja sulfidnih koncentrata bakra, koji se odvija u dinamičkim uslovima sa velikim masama materijala koje učestvuju u procesu, modelovanje se vrši na osnovu rezultata dobijenih u industrijskim uslovima gde je pouzdanost dobijenih rezultata mnogo niža u odnosu na rezultate dobijenih u laboratoriji.

Proces topljenja sulfidnih koncentrata bakra je fizičko-hemijski dosta složen, dešava se u dinamičkim uslovima sa velikim masama materijala koji učestvuju u procesu, pa distribucija bakra i pratećih elemenata je složen fizičko-hemijski proces na čije rezultate utiče veliki broj parametara. Gubitak bakra sa šljakom topljenja predstavlja jedan od osnovnih faktora iskorišćenja bakra i pratećih elemenata koji ima veliki uticaj na ekonomiku celokupnog procesa dobijanja bakra. Definisanje modela kojim se može pouzdano upravljati rezultatima procesa topljenja (sadržajem bakra i pratećih elemenata u šljaci) predstavlja moćan alat za upravljanjem složenim procesom topljenja sulfidnih koncentrata bakra.

Modelovanje koje je izvršeno u ovoj disertaciji omogućuje pouzdanu prognozu tehnoloških pokazatelja procesa u zavisnosti od: sadržaja bakra u kamenju (sastav kamenja varira i može se menjati tokom procesa zavisno od ciljeva koji se žele ostvariti), baziciteta šljake (na koji se može uticati sastavom šarže) i količinom emitovanog sumpora (predstavlja konstantu tehnologije topljenja). U publikacijama novijeg datuma u časopisima sa IF i specijalizovanim konferencijama, često se javljaju istraživanja koja se odnose na problematiku distribucije bakra i pratećih elemenata kao i modelovanje ovih fenomena korišćenjem savremenih statističkih alata. S obzirom da se radi o složenim sistemima, svaki novi doprinos je vredan pažnje kako sa teorijskog aspekta tako i zbog eventualne mogućnosti za praktičnu primenu. Iz ovih razloga istraživanje u okviru ove disertacije se može smatrati savremenim a dobijeni rezultati originalnim.

Merenja u disertaciji vršena su standardizovanim metodama, a modelovanje primenom savremenih statističkih alata primenom licenciranog softverskog paketa SPSS v.18.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

U toku izrade ove disertacije korišćeno je 94 literaturnih izvora uglavnom članaka iz časopisa sa IF novijeg datuma i referentne knjige iz ove oblasti. Korišćena literatura je adekvatna, pokriva izloženu problematiku, savremena je i uglavnom obrađuje radove autora koji obeležavaju ovu oblast svojim referencama i citatima zadnjih desetak godina.

Najvažnije reference koje su podstakle istraživanje nalaze se u radovima koji se odnose na distribuciju bakra i prirodu distribucije između kamenja i fajalitne šljake, kao i reference koje se odnose na modelovanje pojedinih tehnoloških procesa, posebno onih koji se odnose na pirometalurške postupke dobijanja metala, među kojima su najznačajnije:

1. Fernandez-Callani, J.C., Rois, G., Martinez, J., Jiminez, F., (2012). Occurrence and precipitation of copper in slags obtained during the pyrometallurgical processing of chalcopyrite concentrates at the huelva smelter (Spain), Journal of Mining and Metallurgy, Section B:Metallurgy, 48(2)B:161-171.
2. Gui, W.-h., Wang, L.-y., Yang, C.-h., Xie, Y.-f., Peng, X.-b. (2007). Intelligent prediction model of matte grade in copper flash smelting process. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 17(5): 1075-1081.
3. Jalkanen, H., Vehviläinen, J., Pöijärvi, J. (2003). Copper in solidified copper smelter slags. Scandinavian Journal of Metallurgy, 32(2): 65-70.
4. Imris, I., Sanchez, M., Achurra, G. (2004). Copper losses to slags obtained from the El Teniente process. VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, The South African Institute of Mining and Metallurgy: 177-182.

5. Živkovic, Ž., Mitevska, N., Mihajlovic, I., Nikolic, D. (2010). Copper losses in sulfide concentrate smelting slag are dependent on slag composition. *Minerals & Metallurgical Processing*, 27(3): 141-147.
6. Živković, Ž., Mitevska, N., Mihajlović, I., Nikolić, Đ. (2009). The influence of the silicate slag composition on copper losses during smelting of the sulfide concentrates. *Journal of Mining and Metallurgy Section B-Metallurgy*, 45(1): 23-34.
7. Mitevska, N., Zivkovic, Z. (2002). Thermodynamics of As, Sb and Bi distribution during reverb furnace smelting. *Journal of Mining and Metallurgy Section B-Metallurgy*, 38(1-2): 93-102.
8. Moskalyk, R.R., Alfantazi, A.M. (2003). Review of copper pyrometallurgical practice: today and tomorrow. *Minerals Engineering*, 16(10): 893-919.
9. Goni, C., Sanchez, M. (2009). Modeling of copper content variation during EI Teniente slag cleaning process. *VIII International Conference on Molten Slags, Fluxes & Salts*: 123.
10. Liu, D., Yuan, Y., Liao, S. (2009). Artificial neural network vs. nonlinear regression for gold content estimation in pyrometallurgy. *Expert Systems with Applications*, 36(7): 10397-10400.
11. Mihajlović, I., Štrbac N., P. Đorđević, Ivanović, A., Živković, Ž., 2011. Technological process modeling aiming to improve its operations management, *Serbian Journal of Management* 6(2), 135-144.

3.3. Ocena sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Kroz urađenu doktorsku disertaciju kao i učešćem u izradi i publikovanju radova izvan doktorske disertacije (opus kandidata: 2 rada M21; 1 rad M22; 1 rad M23; 2 rada M24), učešće na projektu tehnološkog razvoja koga finansira Ministarstvo nauke i prosvete, 11 saopštenja na međunarodnim naučnim skupovima i 3 saopštenja na nacionalnim naučnim skupovima pri čemu na navedenim referencama kandidat Predrag Đorđević je u 4 prvi autor), ukazuje da je kandidat osposobljen za samostalni naučni rad.

Komisija takođe ocenjuje da je kandidat pored nesporne osposobljenosti za samostalni naučni rad, osposobljen i za učešće u timskom radu što je bitna odrednica u savremenom naučno-istraživačkom radu. Dosadašnji naučni rezultati, pre svega publikacije u časopisima sa IF ukazuju da kandidat Predrag Đorđević obećava nove naučne rezultate koji će prevazići do sada ostvarene tokom izrade doktorske disertacije.

4. OSTVARENI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Ostvareni naučni doprinos koji je kandidat Predrag Đorđević ostvario kroz ovu doktorsku disertaciju sastoji se u sledećem:

- Definisana je zavisnost uticaja sadržaja bakra u kamencu na koeficijente distribucije Cu, Ag, Se, Ni, Pb, As, Sb i Zn između šljake i kamenca kao jednog od pokazatelja tehnološkog iskorišćenja u toku topljenja sulfidnih koncentrata bakra;
- Definisan je mehanizam distribucije Cu i pratećih metala preko originalnih modela zavisnosti ΔG^{xs} za sisteme Cu – Me i Fe – Me na reakcijskoj temperaturi odvijanja procesa;
- Definisani su originalni linearni modeli zavisnosti $L^{S/M}_{Me}$ (Me = Cu, Au, Bi, Se, Ag, Te, Ni, Co, Pb, As, Sb i Zn) od sastava šljake sa vrednostima koeficijenta determinacije R^2 koje su u svim slučajevima veće od 0.6 sa statističkom značajnošću $p < 0.05$;
- Definisane su originalne zavisnosti $L^{S/M}_{Me}$ (Me = Cu, Au, Bi, Se, Ag, Te, Ni, Co, Pb, As, Sb i Zn) od baziciteta šljake sa nižim vrednostima koeficijenta determinacije i istim nivoom statističke značajnosti;
- Definisan je nelinearni model zavisnosti sadržaja bakra u šljaci topljenja od sastava šljake (sadržaj: SiO_2 ; FeO; Fe_3O_4 , CaO i Al_2O_3 i sadržaja bakra u kamencu)
- Višekriterijumskom PROMETHEE II GAIA metodom izvršeno je rangiranje lokacija u urbanoj okolini topionice bakra prema ukupnom uticaju na zdravlje ljudi registrovanih polutanata.
- Određeni su AQI indeksi na osnovu dnevnih vrednosti koncentracija SO_2 i PM (sa sadržajem Pb, Cd, Cu, Ad i Hg) i definisan model prognoze pojava epizoda sa ultravisokim sadržajem SO_2 i PM u zavisnosti od režima rada topionice i meteoroloških parametara.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Urađenu doktorsku disertaciju karakteriše veliki broj podataka dobijenih analizom uzoraka iz redovne proizvodnje, kao i podataka dobijenih merenjem imisije SO_2 i PM u realnom vremenu na automatskim mernim stanicama standardizovanim metodama. U nekim slučajevima u industrijskim uslovima odvijanja procesa topljenja sulfidnih koncentrata dolazi do poremećaja tehnološkog procesa, najčešće kao posledica subjektivnih a ponekada i objektivnih okolnosti, što može da izazove moguće greške u procesu modelovanja zbog povećane disperzije pojedinih rezultata i odstupanja od zakonitosti normalne Gausove raspodele. U ovim slučajevima mora se napraviti diskontinuitet u praćenju procesa, a modelovanjem se dobijaju rezultati sa manjom statističkom pouzdanošću.

4.3. Očekivana primena rezultata u praksi

Rezultati do kojih je kandidat došao pored nesumnjivog naučnog doprinosa su u jednom delu i praktično primenjivi. Tako na primer, validacijom modela uticaja sastava šljake na sadržaj bakra u njoj tokom 2012. godine u topionici bakra u Boru sa koeficijentom determinacije od 0.79 ukazuje na realnost primene ovog modela. Ovaj model kao i drugi rezultati ostvareni u ovoj disertaciji mogu da se iskoriste u praksi za upravljanje tehnološkim parametrima u cilju

prognoze ishodima procesa što zavisi od spremnosti ljudi za prihvatanjem promena u načinu vođenja tehnološkog procesa.

4.4. Verifikacija naučnih doprinosa kroz objavljene radove u časopisima

Kvalitet i verifikacija doktorske disertacije u skladu sa pozitivnim zakonskim odredbama u Srbiji i kriterijumima Univerziteta u Beogradu, određuje se "...najmanje jednim publikovanim radom iz disertacije u časopisima sa SCI liste (sa IF) gde bi kandidat po pravilu trebalo da bude prvi autor". U okviru predmetne doktorske disertacije kandidat Predrag Đorđević je do trenutka predavanja disertacije za ocenu i javnu odbranu, publikovao tri rada u časopisima sa IF i to: jedan rad u časopisu kategorije M21 (JCR); jedan rad u časopisu M22 (SCI), jedan rad u časopisu M23(JCR) i jedan rad se nalazi u procesu recenzije u časopisu kategorije M21 (SCI). U ovim radovima kandidat je prvi autor. Iz disertacije, kao deo disertacije publikovani su sledeći radovi:

(M21) Rad u vrhunskom međunarodnom časopisu

1. Djordjevic, P., Mitevska, N., Mihajlovic, I., Nikolić, D., Manasijevic, D., Zivkovic, Z. (2012). The effect of copper content in the matte on the distribution coefficients between the slag and the matte for certain elements in the sulphide copper concentrate smelting process. Journal of Mining and Metallurgy Section B-Metallurgy, 48(1): 143-151. ISSN = 1450-5339. IF = 1.317

(M22) Rad u istaknutom međunarodnom časopisu

1. Djordjevic, P., Mitevska, N., Mihajlovi, I., Nikolić, D., Živković, Ž. (2013). Effect of the slag basicity on the coefficient of distribution between copper matte and the slag for certain metals. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, (In press). ISSN = 0882-7508; IF = 0.667

(M23) Rad u međunarodnom časopisu

1. Djordjevic, P., Zivkovic, Z., Mihajlovic, I., Strbac, N. (2011). Statistical modeling of the copper losses in the reverberatory furnace slag. Metalurgia International, 16(10): 120-125. ISSN = 1582-2214. IF = 0.084

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

U disertaciji kandidata Predraga Đorđevića dobijen je veći broj originalnih rezultata koji čine nadogradnju dosadašnjih rezultata koji su navedeni u literaturi novijeg datuma. Rezultati koji predstavljaju originalnost ove disertacije odnose se na definisanje modela zavisnosti koeficijenata distribucije bakra i pratećih elemenata između šljake i kamenca od sadržaja bakra u kamencu, od sastava šljake i baziciteta šljake. Takođe, originalnost je i definisanje nelinearnog modela zavisnosti sadržaja bakra u šljaci od sastava šljake i sadržaja bakra u bakrencu čija je validacija u praksi dala zadovoljavajuće rezultate. Višekriterijumsko rangiranje lokacija u okolini topionice bakra po stepenu zagađenosti i uticaja na zdravlje ljudi, uz predviđanje ultravisokih koncentracija SO₂ i PM od režima rada topionice i meteoroloških parametara, predstavlja upravljački mehanizam vođenja tehnološkog procesa u cilju minimiziranja vrednosti AQI.

Publikovani rezultati iz disertacije u respektabilnom časopisu sa SCI liste kategorije M22 i dva rada u časopisima JCR (IF) od toga jedan kategorije M21 i jedan kategorije M23, kao i jedan rad koji je u fazi recenzije u časopisu sa SCI liste kategorije M21 na najbolji način potvrđuju nivo ostvarenih rezultata kandidata u ovome radu. Praktično, svako poglavlje u delu disertacije (diskusija rezultata) predstavlja posebnu publikaciju.

Na osnovu pregledane doktorske disertacije, Komisija za ocenu i odbranu doktorske disertacije, zaključuje da urađena doktorska disertacija kandidata Predraga Đorđevića ispunjava sve zakonske i ostale uslove za javnu odbranu. Takođe, Komisija zaključuje da je urađena doktorska disertacija napisana prema svim standardima o naučno-istraživačkom radu kao i da ispunjava sve uslove predviđene Zakonom o visokom obrazovanju, Standardima za akreditaciju, Statutom Tehničkog fakulteta u Boru i kriterijumima koje je propisao Univerzitet u Beogradu.

Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehničkog fakulteta u Boru da prihvati pozitivan izveštaj o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata Predraga Đorđevića pod nazivom: „*Modelovanje distribucije bakra i pratećih elemenata u procesu topljenja sulfidnih koncentrata bakra*“, i da isti uputi na konačno usvajanje Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu, a da nakon toga kandidata pozove na javnu odbranu.

U Boru, januara 2013. godine

K O M I S I J A

Prof. Dr Živan Živković, mentor
Tehnički fakultet u Boru

Prof. Dr Ivan Mihajlović, član
Tehnički fakultet u Boru

Dr Ana Kostov, naučni savetnik, član
Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru