

## **НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ**

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Милисава Б. Ранитовића, дипл. инж. техн., за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 35/101 од 14.04.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Милисава Б. Ранитовића, дипл. инж. техн., за израду докторске дисертације и научне заснованости теме: **Интегрални хидрометалуршки поступак рециклаже метала из електронског и електричног отпада са техно-економским аспектима.**

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

## **РЕФЕРАТ**

### **1. Подаци о кандидату**

#### 1.1. Биографски подаци

Милисав Б. Ранитовић рођен је 17.08.1983. године у Чачку, где је завршио основну школу и Гимназију – природно-математички смер. Технолошко – металуршки факултет је уписао школске 2002/03. године. Основне студије завршио је 2009. године на одсеку Хемијско инжењерство. Дипломски рад одбранио је на тему „Избор хидрометалуршког поступка прераде електронског отпада“, под руководством ментора Проф. др Жељка Камберовића.

Докторске студије уписао је школске 2009/10. године на смеру Металуршко инжењерство, под руководством Проф. др Жељка Камберовића. Положио је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија, као и завршни рад са темом „Рециклажа основних и технолошких метала из урбаних отпадних токова“.

Од новембра 2009. до јануара 2011. године био је запослен као инжењер у фабрици за рециклажу електронског и електричног отпада. Од јануара 2011. године ради као истраживач приправник у Иновационом центру Технолошко-металуршког факултета у Београду д.о.о., где је ангажован на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја, под називом „Иновативна синергија нус-продуката, минимизације отпада и чистије производње у металургији“ под руководством Проф. др Жељка Камберовића.

Кандидат учествује у реализацији практичне наставе у индустријским условима на предмету Рециклажа. Аутор је три рада у међународним и домаћим часописима као и пет публикација на међународним и домаћим конференцијама. Учесник је једног иновационог

пројекта финансираног од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије као и на једном пројекту финансираном од стране Европске комисије (ФП7). Коаутор је једне патентне пријаве, бр. Р-2010/0478, и једне пријаве за признање права на индустријски дизајн, бр. Д-2014/0066, поднете Заводу за интелектуалну својину Републике Србије.

Такође, учествовао је у изради већег броја пројеката и студија за домаће и стране партнере из индустрије. Добро влада инжењерским софтверима, међу којима су значајни: „HSC Chemistry“ и „SuperPro Designer“. Обучен је за самосталан рад на Сканирајућем електронском микроскопу.

Током 2014 године је био вођа тима ИнМетТех на такмичењу за Најбољу технолошку иновацију. Тим је у укупном пласману освојио 16 место и награду у категорији „РЕГИОНАЛНЕ НАГРАДЕ“.

## 1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Милисав Б. Ранитовић је школске 2009/10. године уписао докторске студије на Технолошко-металуршком факултету Универзитета у Београду на студијском програму Металуршко инжењерство. Положио је све испите предвиђене планом и програмом докторских студија са просечном оценом 9,77, као и завршни рад са темом „Рециклажа основних и технолошких метала из урбаних отпадних токова“.

*Положени испити на докторским студијама:*

| Предмет                                    | Оцена                     | ЕСПБ |
|--------------------------------------------|---------------------------|------|
| Феномени преноса у инжењерству материјала  | 10                        | 5    |
| Физичка металургија                        | 10                        | 4    |
| Одабрана поглавља математичке анализе      | 10                        | 5    |
| Структура и својства металних материјала   | 8                         | 5    |
| Металургија праха                          | 10                        | 4    |
| Савремени процеси и материјали у ливарству | 10                        | 4    |
| Инжењерство површина                       | 10                        | 4    |
| Пећи и реактори у металургији              | 10                        | 4    |
| Материјали за високотемпературске намене   | 10                        | 4    |
| Очвршћавање метала                         | 10                        | 4    |
| Виши курс металуршких процеса              | 10                        | 4    |
| Кинетика фазних трансформација             | 9                         | 4    |
| Енглески језик                             | 10                        | -    |
| Завршни испит                              | 10                        | 30   |
| <b>Просечна оцена 9,77</b>                 | <b>Збир ЕСПБ поена 81</b> |      |

Учесник је следећих пројеката:

*Пројекти финансирани од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије:*

- Пројекат технолошког развоја: „Иновативна синергија нус-продуката, минимизације отпада и чистије производње у металургији“, ТР34033, 2011 – пројекат у току
- Иновациони пројекат: „Развој новог технолошког поступка за производњу ракије од малине“, 451-03-2802-Тип 1/32, 2014

### *Пројекти финансирани од стране Европске Комисије:*

- Innovative hydrometallurgical processes to recover metals from WEEE including spent lamps and batteries, HydroWEEE, Grant Agreement 231962 (FP7), EU, 2009-2011

### *Учешће у пројектима, студијама, елаборатима и сл. са привредом*

- План мера заштите животне средине после престанка рада и затварања постројења, Монбат ПЛЦ д.о.о., Инђија, Србија, 2009
- Идејни технолошки пројекат, Постројење за рециклажу електричног и електронског отпада РЈ Крњача, С.Е.Траде, Београд, 2011
- Судија о процени утицаја на животну средину, Постројење за рециклажу електричног и електронског отпада РЈ Крњача, С.Е.Траде, Београд, 2011
- Идејни технолошки пројекат, Постројење за рециклажу ОЕЕП-а, REC-EE-O d.o.o., Sremska Mitrovica, 2012
- Валоризација корисних компонената из међупродуката металургије цинка, Еликсир Група д.о.о., Србија, 2013
- Recycling of e-scrap (WPCBs) by hydrometallurgical means, Cleanpart GmbH, Немачка, 2012 – пројекат у току

Такође активно учествује у реализацији практичне наставе (теоријске и лабораторијске вежбе) на предмету Теорија пиро и хидрометалуршких процеса и Рециклажа.

Из досадашњег научно-истраживачког рада Милисава Б. Ранитовића, проистекли су следећи резултати:

### **1. Рад у међународном часопису (M23)**

- 1.1. **M. Ranitović**, Ž. Kamberović, M. Korać, M. Gavrilovski, H. Issa, Z. Anđić, *Investigation of possibility for stabilization and valorization of electric arc furnace dust and glass from electronic waste*, Science of Sintering, Vol 46, No 1, pp. 83-93, 2014, ISSN 0350-820X, IF=0,444

### **2. Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)**

- 2.1. Ž. Kamberović, M. Korać, D. Ivšić, V. Nikolić, **M. Ranitović**, *Process selection for hydrometallurgical WPCBs recycling*, Proceedings of the 4th International Conference – Processing and Structure of Materials, Palić 2010, Srbija, pp. 67-72, ISBN 978-86-87183-17-9
- 2.2. Ž. Kamberović, M. Korać, **M. Ranitović**, M. Gavrilovski, N. Vraneš, *An integrated approach on a WEEE recycling: Special reference to the printed circuit boards and CRT monitors*, Proceedings of the 1st International Conference "Ecology of Urban Areas 2011", Ečka 2011, pp. 357-362, ISBN 978-86-7672-145-0
- 2.3. M. Štulović, A. Mihajlović, **M. Ranitović**, *The Assessment of Environmental and Health Risks from the Secondary Lead Slag*, Zbornik radova IX Simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“ SRTOR, Zaječar 2014, pp. 185-189, ISBN 978-86-6305-025-9

### **3. Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)**

- 3.1. **M. Ranitović**, V. Nikolić, T. Kovačević, *Delimično topljenje i centrifugiranje kao nova metoda pred-tretmana metaličnog granulata e-otpada: Preliminarni laboratorijski test*, Zbornik radova 7. Simpozijum i 1. Studentski Simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, Soko Banja 2012, pp. 14-18, ISBN 978-86-6305-000-6

- 3.2. N. Dimitrijević, **M. Ranitović**, D. Ivšić-Bajčeta, *Ispitivanje mogućnosti dobijanja staklo-keramičkih materijala postupkom brzog sinterovanja EAFD i LCD*, Zbornik radova 7. Simpozijum i 1. Studentski Simpozijum „Reciklažne tehnologije i održivi razvoj“, Soko Banja 2012, pp. 5-10, ISBN 978-86-6305-000-6

#### 4. Рад у часопису националног значаја (M52)

- 4.1. Ž. Kamberović, M. Korać, D. Ivšić, V. Nikolić, **M. Ranitović**, *Hydrometallurgical process for extraction of metals from electronic waste-Part I: Material characterization and process option selection*, Metalurgija-Journal of Metallurgy, Vol 15, No 4, 2009, pp. 231-245, ISSN 0354-6306
- 4.2. Ž. Kamberović, M. Korać, **M. Ranitović**, *Hydrometallurgical process for extraction of metals from electronic waste-Part II: Development of the processes for the recovery of copper from printed circuit boards (PCB)*, Metalurgija Journal of Metallurgy Vol 17, No 3, 2011, pp. 139-149, ISSN 0354-6306

#### 1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу досадашњег рада и показаних резултата досадашњих истраживања у области Металуршког инжењерства, а нарочито у области рециклажних технологија у металургији обојених и племенитих метала и екстрактивној металургији, као и броја и квалитета објављених радова, Комисија оцењује да је Милисав Б. Ранитовић, дипл. инж. технологије, показао склоност и изразиту способност за бављење научно-истраживачким радом, те да је подобан за рад на предложеној теми докторске дисертације.

## 2. Предмет и циљ истраживања

### 2.1. Предмет научног истраживања

Истраживања у оквиру докторске дисертације обухватају развој и оптимизацију хидрометалуршког процеса рециклаже метала из отпадних електронских и електричних уређаја (е-отпад) и компаративну анализу процеса са постојећим пирометалуршким поступцима рециклаже е-отпада.

Генерално, металуршка индустрија има веома важну улогу у глобалној економији због чега даљи развој и конкурентност тржишта немају алтернативу осим да следе принципе чистије производње. С'тим у вези, нови производни модели, који треба да омогуће значајну превенцију генерисања нових и минимизацију постојећих количина отпада и оптимизацију потрошње природних ресурса, су потребнији него икада раније. Из наведених разлога, рециклажа метала данас представља системски изазов (еколошки, економски и социјални) чија оптимизација представља најконкретнији одговор на неопходност за одрживим управљањем металима и одрживим развојем уопште.

Индустрија информационих технологија представља грану индустрије која се развија највећом брзином и чије се компоненте могу наћи у готово сваком савременом производу. Са друге стране, убрзан технолошки напредак води ка све интензивнијем коришћењу природних ресурса, енергије, воде и земљишта, а у коначном до раста количина чврстог отпада које се свакодневно генеришу. Поједини специфични отпадни материјали који настају као директна последица технолошког развоја, попут е-отпада, у поређењу са примарним сировинама, садрже знатно веће количине корисних металних материјала. Према проценама годишње се у свету генерише око 45 милиона тона новонастало е-отпада. Свакодневна појава нових типова уређаја и опреме драстично скраћује њихов употребни век, што за последицу има интензивно увећање укупних количина е-отпада, са годишњом стопом раста од 3-5%.

Концепцијски, процес добијања корисних материјала из ових урбаних отпадних токова, односно рециклажа, веома је сличан процесима добијања материјала из примарних сировина, одакле је читав овај индустријски правац добио назив Урбано Рударство. Уопштено, рециклажа е-отпада и поновно добијање вредних металних материјала може се вршити применом пирометалуршких и хидрометалуршких поступака или њиховом комбинацијом. Обзиром да су хидрометалуршки поступци селективнији и еколошки прихватљивији, последње две деценије се њиховом развоју посвећује посебна пажња.

Предмет истраживања у оквиру предложене докторске дисертације ће бити развој интегралног хидрометалуршког поступка селективног добијања метала из е-отпада и обухватиће оптимизацију процесних параметара сваког корака селективног лужења и добијања метала из предметне врсте отпада. На основу добијених резултата биће дефинисан безотпадни интегрални хидрометалуршки поступак селективног добијања метала из е-отпада. Компаративна анализа предложеног процеса у односу на постојећа пирометалуршка решења, биће изведена узимајући у обзир еколошке и економске аспекте процеса.

## 2.2. Циљеви истраживања

Научни циљеви истраживања су:

- проучавање механизма и термодинамичка анализа сложених реакција у хидрометалуршком систему за рециклажу механички припремљеног гранулата е-отпада,
- испитивање утицаја различитих процесних параметара (концентрација киселине и оксиданса, време, температура, брзина мешања, однос Ч:Т) на ефикасност излужења метала из механички припремљеног гранулата е-отпада и добијања метала из раствора након лужења,
- оптимизација хидрометалуршких операција у циљу селективног добијања метала из механички припремљеног гранулата е-отпада,
- дефинисање интегралног хидрометалуршког поступка добијања метала из механички припремљеног гранулата е-отпада,
- израда материјалног и енергетског биланса иновативног хидрометалуршког процеса, и примена елемената чистије производње,
- техно-економска оцена иновативног хидрометалуршког процеса и упоредна анализа са постојећим пирометалуршким решењима

## 2.3. Релевантни библиографски извори

- [1] . Habashi, *Textbook of Hydrometallurgy*, 2<sup>nd</sup> edition, Laval University, Quebec City, Canada, 1999, ISBN 2-980-3247-7-9, pages 739
- [2] M. Reuter, C. Hudson, A. van Schaik, K. Heiskanen, C. Meskers, C. Hagelüken, *Metal Recycling: Opportunities, Limits, Infrastructure*, A Report of the Working Group on the Global Metal Flows to the International Resource Panel, UNEP, 2013, pages 320
- [3] S. Menikpura, A. Santo, Y. Hotta, *Assessing the climate co-benefits from Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) recycling in Japan*, Journal of Cleaner Production, Vol 74, 2014, pp. 183-190
- [4] I.O. Ogunniyi, M.K.G. Vermaak, D.R. Groot, *Chemical composition and liberation characterization of printed circuit board comminution fines for beneficiation investigations*, Waste Management, Vol 29, No 7, 2009, pp. 2140-2146
- [5] C. Hagelüken, C. Meskers, *Complex life cycles of precious and special metals, Linkages of Sustainability*, Strüngmann Forum Report, MIT Press, Cambridge, 2010, pp.163-197, ISBN 9780262013581

- [6] J. Cui, E. Forssberg, *Mechanical recycling of waste electric and electronic equipment: a review*, Journal of Hazardous Materials Vol 99, No 3, 2003, pp. 243–263,
- [7] J. Li, H Lu, J. Guo, Z. Xu, Y. Zhou, *Recycle Technology for Recovering Resources and Products from Waste Printed Circuit Boards*, Environmental Science and Technology, Vol 41, No 6, 2007, pp.1995-2000
- [8] H. M. Veit, C. C. Pereira, A. M. Bernardes, *Using Mechanical Processing in Recycling Printed Wiring Boards*, The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society, vol 54, No 6, 2002, pp. 45-47
- [9] Y. J. Park, D. J. Fray, *Recovery of high purity precious metals from printed circuit boards*, Journal of Hazardous Materials Vol 164, No 2-3, 2009, pp. 1152–1158
- [10] P. Chancerel, T. Bolland, V.S. Rotter, *Status of pre-processing of waste electrical and electronic equipment in Germany and its influence on the recovery of gold*, Waste Management & Research, Vol 29, No 3, 2010, pp. 309-317
- [11] C. Hagelüken, *Recycling of electronic scrap at Umicore's integrated metals smelter and refinery*, Recycling of electronic scrap, Proceedings of EMC 2005, Vol 59, 2005, pp. 152-161
- [12] A. Khaliq, M. A. Rhamdhani, G. Brooks, S. Masood, *Metal Extraction Processes for Electronic Waste and Existing Industrial Routes: A Review and Australian Perspective*, Resources, Vol 3, No 1, pp. 152-179
- [13] J. Cui, L. Zhang, *Metallurgical recovery of metals form electronic waste: A review*, Journal of Hazardous Materials, Vol 158, No 2-3, 2008, pp. 228-256
- [14] I. Birloaga, I. De Michelis, F. Ferella, M. Buzatu, F. Vegliò, *Study on the influence of various factors in the hydrometallurgical processing of waste printed circuit boards for copper and gold recovery*, Waste Management, Vol 33, No 4, 2013, pp.935–941
- [15] Y. Xiao, Y. Yang, J. van den Berg, J. Sietsma, H. Agterhuis, G. Visser, D. Bol, *Hydrometallurgical recovery of copper from complex mixtures of end-of-life shredded ICT products*, Hydrometallurgy, Vol 140, 2013, pp. 128–134
- [16] H. Yang, J. Liu, J. Yang, *Leaching copper from shredded particles of waste printed circuit boards*, Journal of Hazardous Materials, Vol 187, No 1-3, 2011, pp. 393–400
- [17] M. K. Jha, A. Kumari, P. K. Choubey, J. C. Lee, V. Kumar, J. Jeong, *Leaching of lead from solder material of waste printed circuit boards (PCBs)*, Hydrometallurgy, Vol 121-124, 2012, pp. 28–34
- [18] C. Q. Cheng, F. Yang, J. Zhao, L. H. Wang, X. G. Li, *Leaching of heavy metal elements in solder alloys*, Corrosion Science, Vol 53, No 5, 2011, pp. 1738–1747
- [19] Y. J. Park, D. J. Fray, *Recovery of high purity precious metals from printed circuit boards*, Journal of Hazardous Materials Vol 164, No 2-3, 2009, pp. 1152–1158
- [20] E. Kim, M. Kim, J. C. Lee, B. Pandey, *Selective recovery of gold from waste mobile phone PCBs by hydrometallurgical process*, Journal of Hazardous Materials, Vol 198, 2011, pp. 206–215

### 3. Полазне хипотезе

Предложена истраживања у оквиру ове докторске дисертације полазе од хипотезе да је хидрометалуршки поступак добијања метала из е-отпада технолошки одржив, енергетски повољан и економски прихватљив поступак. При томе се полази од следећих претпоставки:

- у поређењу са примарним сировинама као и другим нестандартним металуршким отпадима, е-отпад садржи знатно веће количине корисних и вредних металних материјала што га чини изузетно вредном секундарном сировином,

- у поређењу са пирометалуршким поступцима, хидрометалуршке поступке рециклаже е-отпада карактерише већа прилагодљивост, лакша контрола и виши степен селективности процеса добијања метала,
- применом једноставних хидрометалуршких метода, могуће је селективно добијање метала (Cu; Ni i Co; Pb i Sn; Ag i Au) из е-отпада у облику погодном за даљу употребу,
- у поређењу са пирометалуршким поступцима, хидрометалуршке поступке рециклаже е-отпада карактерише виши степен еколошко-економске прихватљивости, што је од посебног значаја за мање прерађивачке капацитете.

#### 4. Научне методе истраживања

Карактеризација полазног материјала, механички припремљеног гранулата е-отпада, укључиће коришћење различитих инструменталних метода. Коришћењем стандардног сета сита биће одређен гранулометријски састав гранулата е-отпада. Такође, биће одређени и садржај воде, квалитет и насипна густина. Хемијски састав е-отпада биће одређен коришћењем атомске апсорпционе спектрофотометрије (AAS) и флуоресценцијом X зрака (XRF), док ће минеролошки састав бити одређен рентгено-дифракционом анализом (XRD). Морфологија улазног гранулата е-отпада биће одређена коришћењем оптичке и скенирајуће електронске микроскопије (SEM).

Теоријска разматрања биће извршена испитивањем механизма и термодинамичком анализом реакција у хидрометалуршком систему, коришћењем HSC Chemistry софтвера. Експериментална испитивања ће бити извршена у лабораторијским и увећаним лабораторијским условима, са циљем оптимизације и верификације дефинисаног технолошког поступка и израде материјалног и енергетског биланса.

##### *Оптимизација процеса селективног добијања основних метала (Cu, Ni, Co)*

За испитивање процеса лужења и утицаја процесних параметара на степен излужења основних метала из е-отпада биће коришћена сумпорна киселина уз додатак одговарајућег оксидационог средства. Добијање метала из раствора након лужења извршиће се електролизом (Cu), односно цементацијом (Ni, Co) уз оптимизацију одговарајућих параметара процеса електролизе (густина струје, напон, температура, брзина мешања) и цементације (температура, брзина мешања, pH).

##### *Оптимизација процеса селективног добијања Pb и Sn*

Након лужења основних метала, биће испитан утицај различитих киселих и алкалних излуживача (NaOH, HCl i HNO<sub>3</sub>) са и без додатака одговарајућег оксидационог средства на степен излужења Pb и Sn из чврстог остатка лужења основних метала, као и оптимизација процесних параметара за одабрани излуживач. Добијање метала из раствора након лужења вршиће се поступком хемијског таложења.

##### *Оптимизација процеса селективног добијања племенитих метала*

Процес лужења племенитих метала из чврстог остатка претходна два корака лужења вршиће се коришћењем царске воде. За добијање племенитих метала из раствора након лужења ће се користити поступак хемијске редукције са додатком одговарајућег редукционог средства.

Увећане лабораторијске пробе интегралног хидрометалуршког поступка селективног добијања метала из е-отпада, користиће се за одређивање фактора расподеле метала у производима сваког од корака лужења (квалитета производа), односно за дефинисање укупне ефикасности процеса.

Хемијски састав финалних производа и нус-продуката биће одређен XRF и AAS методом. Морфологија финалних производа и нус-продуката биће одређена SEM методом и методом оптичке микроскопије.

За израду комплетног материјалног и енергетског биланса користиће се SuperPro Designer и Microsoft Excel софтвер. Техно-економска анализа предложеног интегралног хидрометалуршког процеса, коришћена у компаративној анализи са постојећим пирометалуршким решењима, извршиће се такође коришћењем SuperPro Designer софтвера.

## **5. Очекивани научни допринос**

По завршетку предложених истраживања може се очекивати следећи научни допринос:

- дефинисање механизма и термодинамичких карактеристика сложених реакција у хидрометалуршком систему за рециклажу механички припремљеног гранулата е-отпада,
- дефинисање оптималних хидрометалуршких операција за селективно добијање метала из механички припремљеног гранулата е-отпада,
- дефинисање интегралног хидрометалуршког поступка за добијање метала из механички припремљеног гранулата е-отпада,
- дефинисање материјалног и енергетског биланса интегралног хидрометалуршког процеса и примена елемената чистије производње,
- израда компаративне техно-економске оцене предложеног хидрометалуршког процеса у односу на постојеће пирометалуршке поступке.

## **6. План истраживања и структура рада**

Предмет рада у оквиру докторске дисертације је оптимизација интегралног хидрометалуршког поступка селективног добијања метала из е-отпада и компаративна анализа предложеног процеса са постојећим пирометалуршким поступцима рециклаже е-отпада.

У докторској дисертацији ће бити обрађена следећа поглавља: *Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература.*

У *Уводу* ће бити дефинисан предмет рада, истакнут значај истраживања, мотивација, допринос и актуелност.

Поглавље *Теоријски део* обухватиће:

- е-отпад, врсте и карактер, историја збрињавања, генерисање у Србији и свету, хемијски састав,
- економско-еколошки значај рециклаже е-отпада,
- актуелни поступци третмана (механички, пирометалуршки и хидрометалуршки)

Поглавље *Експериментални део* обухватиће:

- Опис опреме која се користи за експериментална истраживања,
- Опис метода и техника извођења експеримената.

У оквиру *Резултата и дискусије* биће представљени и дискутовани резултати експеримената:

- Карактеризације е-отпада: гранулометријска анализа, садржај влаге, магнетна сепарација, квашљивост, оптичка микроскопија, AAS, XRF, SEM и XRD,
- Анализе термодинамичких карактеристика сложених хемијских реакција у хидрометалуршком систему,
- Степена излужења метала из гранулата е-отпада и степена селективног издвајања метала из раствора након лужења (ефикасност појединачних корака лужења),
- Квалитет добијених производа,
- Интегрисање појединачних поступака у хидрометалуршки процес добијања метала из гранулата е-отпада, и потврда процеса увећаним лабораторијским експериментима,
- Материјалног и енергетског биланса предложеног процеса,
- Техно-економске оцена процеса и поређење главних производних параметара са постојећим пирометалуршким поступцима

У *Закључку* ће бити сумирани добијени резултати изведени на основу приказаних истраживања и представљене могућности примене интегралног хидрометалуршког процеса за селективно добијање метала из механички припремљеног гранулата е-отпада. Биће извршена критичка анализа одрживости развијеног процеса са посебним аспектима чистије производње.

*Литература* ће садржати наводе цитиране у дисертацији као и радове који су проистекли истраживањем у оквиру ове докторске дисертације.

## 7. Закључак и предлог

На основу изнетих података Комисија сматра да је предложена тема докторске дисертације **„Интегрални хидрометалуршки поступак рециклаже метала из електронског и електричног отпада са техно-економским аспектима“** научно заснована и да кандидат Милисав Б. Ранитовић, дипл. инж. технологије, испуњава све услове за рад на предложеној теми докторске дисертације.

Стога Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду да прихвати наведену тему и одобри израду ове дисертације.

Истраживања у оквиру ове дисертације припадају научној области Металуршко инжењерство, за коју је Технолошко-металуршки факултет Универзитета у Београду матична установа. Стога се за ментора предлаже др Жељко Камберовић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду (научна област Металуршко инжењерство).

У Београду, 29.4.2015.

### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....  
др Жељко Камберовић, редовни професор  
Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет

.....  
др Марија Кораћ,  
Виши научни сарадник Универзитета у Београду,  
Технолошко-металуршки факултет

.....  
др Мирослав Сокић,  
Виши научни сарадник, Институт за технологију нуклеарних  
и других минералних сировина у Београду

.....  
др Милорад Гавриловски,  
Научни сарадник Универзитета у Београду, Иновациони центар  
Технолошко-металуршког факултета у Београду д.о.о.