

Факултет Технички факултет у Бору

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

(Број захтева)

Веће научних области техничких наука

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

(Датум)

ЗАХТЕВ**за давање сагласности на одлуке о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и о именовању комисије за одбрану**

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 4. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације:

КАНДИДАТ **БОРАН (Радослав) ЈАНКОВИЋ**

(име, име једног од родитеља и презиме)

студент докторских студија на студијском програму **Технолошко инжењерство**

пријавио је докторску дисертацију под називом:

Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима металаиз научне области: **Технолошко инжењерство**

Универзитет је дана 05.06. 2017. својим актом под бр. 61206-2010/2-17 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала**Име и презиме ментора: Др Миомир Павловић, научни саветник, ИХТМ Београд**

Комисија за оцену докторске дисертације именована је на седници одржаној **13.12.2018.** године одлуком факултета под бр. VI/4-22-12, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Милан Антонијевић	ред. професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Снежана Милић	ред. професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
3.	Др Мирослав Павловић	научни сарадник	Хемијска технологија	ИХТМ Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

Датум стављања извештаја Комисије и докторске дисертације на увид јавности 21.01.2019.године

Наставно-научно веће факултета усвојило је извештај Комисије за оцену докторске дисертације на седници одржаној дана 14.03.2019. године

Комисија за одбрану докторске дисертације именована је на седници одржаној 14.03.2019. године

одлуком факултета под бр. VI/4-26-96, у саставу:

	Име и презиме члана комисије	звање	научна област	Установа у којој је запослен
1.	Др Милан Антонијевић	ред. професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
2.	Др Снежана Милић	ред. професор	Хемија, хемијска технологија и хемијско инжењерство	Технички факултет у Бору
3.	Др Мирослав Павловић	научни сарадник	Хемијска технологија	ИХТМ Београд

Напомена: уколико је члан Комисије у пензији навести датум пензионисања.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

- Прилози:
1. Одлука Наставно-научног већа о усвајању извештаја Комисије за оцену докторске дисертације и одлука о именовању Комисије за одбрану докторске дисертације
 2. Извештај Комисије о оцени докторске дисертације
 3. Примедбе на извештај Комисије о оцени докторске дисертације (уколико их је било) и мишљење Комисије о примедбама

Напомена: Факултет доставља Универзитету захтев са прилозима у електронској форми и у једном писаном примерку за архиву Универзитета

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-26-9а
Бор, 15. 03. 2019. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 14. 03. 2019. године, донело је

О Д Л У К У

I Усваја се Извештај Комисије за оцену докторске дисертације кандидата **мр Зорана Јанковића**, дипл. инж. технологије, под називом: „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала”, на који није било примедби.

II Универзитет у Београду је дана **05. 06. 2017. 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:

M23- Радови у међународном часопису

1. **Zoran Janković**, Miroslav M. Pavlović, Marijana R. Pantović-Pavlović, Miomir G. Pavlović , Nebojša D. Nikolić, Jasmina S. Stevanović, S. Pršić, “Electrical and Thermal Properties of Poly(methylmetacrylate) Composites Filled With Electrolytic Copper Powder”, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 13 (2018) 45 – 57, **ISSN 1452-3981**.
2. **Zoran Janković**, Miroslav M. Pavlović, Marijana R. Pantović-Pavlović, Nebojša D. Nikolić, Vladan Zečević, Miomir G. Pavlović, Electrical conductivity of poly (L lactic acid) and poly (3-hydroxybutyrate) composites filled with galvanostatically produced copper powder, *Hem. Ind.*, 72(5)285-292(2018), **ISSN 0367-598X**.

IV 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.

Доставити:

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

ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

Универзитет у Београду
Технички факултет у Бору
Број: VI/4-26-96
Бор, 15. 03. 2019. године

На основу чл. 49. Статута Техничког факултета у Бору, Наставно-научно веће Факултета, на седници одржаној 14. 03. 2019. године, донело је

О Д Л У К У

I Именује се Комисије за одбрану докторске дисертације кандидата **мр Зорана Јанковића**, дипл. инж. технологије студента докторских академских студија на Технолошком инжењерству, под називом: **„Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала”**, у саставу:

1. Др Милан Антонијевић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду;
2. Др Снежана Милић, редовни професор Техничког факултета у Бору, Универзитета у Београду;
3. Др Мирослав Павловић, научни сарадник Института за хемију, технологију и металургију у Београду, Универзитета у Београду.

II 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.

Доставити:

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

**ПРЕДСЕДНИК
НАСТАВНО НАУЧНОГ ВЕЋА**

ДЕКАН

Проф. др Нада Штрбац

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај комисије за оцену докторске дисертације о урађеној докторској дисертацији кандидата Зорана Јанковића, дипл. инж. технологије

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору бр. VI/4-22-12 од 14.12.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену докторске дисертације кандидата Зорана Јанковића, дипл. инж. технологије, под називом: „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала“. Након прегледа достављене докторске дисертације и других пратећих докумената Комисија подноси следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Наслов докторске дисертације

Наслов докторске дисертације је „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала“, која је написана на 151 страни и састоји се од 6 поглавља, а на крају се налазе и кратка биографија аутора и списак објављених радова из дисертације.

1.2. Хронологија одобравања и израде дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-1-7.1 од 24.03.2017. године именована је Комисија за оцену научне заснованости предложене теме докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-3-6 од 12.05.2017. прихваћен је предлог о испуњености услова и о научној заснованости теме докторске дисертације и одобрена је израда докторске дисертације под називом: „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала“, а за ментора је именован др Миомир Павловић, научни саветник Института за хемију, технологију и металургију, Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду на седници одржаној 05.06.2017. године донело је одлуку, број 61206-2010/2-17, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације мр Зорана Јанковића, под називом: „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала“ и одређивању др Миомира Павловића, научног саветника за ментора.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Бору, број VI/4-22-12 од 14.12.2018. године именована је Комисија за оцену докторске дисертације.

И на крају, коришћењем програма *iThenticate* завршена је провера оригиналности докторске дисертације кандидата Мр Зорана Јанковића, а преко Универзитетске библиотеке Светозар Марковић у Београду. Провера оригиналности је спроведена на основу Правилника о

поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду.

Закључено је да докторска дисертација има не само оригиналан теоријски преглед већ и јако квалитетан приказ анализе резултата који су резултат темељног истраживања. Резултати су добијени у самосталним истраживањима, што показују и објављени радови кандидата. Дискусија резултата је такође оригинална и усклађена са истраживањима која је кандидат радио.

1.3. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Технолошко инжењерство, ужа научна област Инжењерство материјала, за коју је Технички факултет у Бору Универзитета у Београду матична установа. Ментор ове докторске дисертације, др Миомир Павловић, научни саветник Института за хемију, технологију и металургију, Универзитета у Београду, на основу досадашњих објављених радова и на основу наставног и истраживачког искуства компетентан је да руководи изработом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Мр Зоран Јанковић, рођен је 18.04.1968. год у Високом, БиХ. Основну школу завршио у Подлуговима, а средњу школу текстилни техничар у Високом. Технолошки факултет Универзитета у Тузли, хемијско-технолошки одсек уписао школске 1987/88 год. Због ратних дејстава, школовање наставља на Технолошком факултету Универзитета у Бањој Луци, где је 23.06.1994. год дипломирао.

Од 1994. до 1995. год. радио је у Средњој школи унутрашњих послова у Бањој Луци на пословима професора хемија.

У Министарству унутрашњих послова Републике Српске у периоду од 1995. до 2009. год., обављао је послове Републичког инспектор заштите од пожара и координатора на противдиверзионој заштити.

Од 2009. год. до данас обавља послове извршног директора у предузећу „В&З-Заштита“ д.о.о. Бања Лука,

Магистарски рад под називом “Избор и димензионисање опреме за поступак коагулације и флокулације код обраде отпадних вода од производње дисперзионих средстава у грађевинарству“ одбранио је 27.11.2014.год. на Технолошком факултету Универзитета у Бањој Луци.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација **Мр Зорана Јанковића**, дипл.инж. технологије под називом „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала“ написана је на 151 страни, у оквиру којих се налази 6 поглавља, 46 слика, 3 табеле и 249 литературних навода. Докторска дисертација садржи поглавља: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак и Литература. По форми и садржају написана дисертација задовољава све стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У Уводу је наведен значај проблематике проучавање у оквиру докторске дисертације, односно значај употребе композитних материјала са биоразградивим и биокompatibilним матрицама у различитим индустријским гранама, као и значај њихове примене за производњу композитних материјала специјалних својстава за специјалне примене.

У Теоријском делу дисертације је дат преглед досадашњих достигнућа у области проучавања структуре и својстава биоматеријала, деградабилних полимера и биокмполита, са акцентом на материјале на бази поли(лактида) (PLA), поли(метил метакрилата) (PMMA) и поли(хидроксибутирата) (PHB) који су коришћени у овој докторској дисертацији, затим преглед значајних резултата из ове, тренутно веома актуелне области полимера са металним пуниоцима, са посебним освртом на електричну проводност композита, њихово понашање и перколационе теорије, моделе проводности и утицај морфологије пуниоца на појаву перколационог прага. Указано је на то да проводни полимерни композити показују изразит и упечатљив пораст проводности при тачно одређеном запреминском уделу пуниоца, што се објашњава преко перколационе теорије. Такође је дат и преглед метода добијања и карактеризације прахова метала, првенствено бакарног праха који је коришћени као пунилац при изради композитних материјала у овој дисертацији, као и теоријски приказ утицаја различитих параметара електролизе на процес добијања и морфологију добијених прахова метала. У склопу овог поглавља су систематизовани литературни подаци везани како за карактеризацију самих пунилаца, тако и за тренутне резултате везане за утицај морфологије пуниоца на појаву перколационог прага. Поред тога 17 слика искоришћено је ради илустрације свих наведених тврдњи. Преглед литературе указао је на то да нема резултата испитивања карактеризације композитних узорака поли(лактида) (PLA), поли(метил метакрилата) (PMMA) и поли(хидроксибутирата) (PHB) и металних прахова коришћених у овој докторској дисертацији.

У Експерименталном делу приказане су карактеристике коришћених материјала и описане су методе и уређаји за добијање и карактеризацију полазних сировина и композитних узорака поли(лактида) (PLA), поли(метил метакрилата) (PMMA) и поли(хидроксибутирата) (PHB) и металних прахова коришћених у овој докторској дисертацији. У овом поглављу детаљно су описане коришћене методе и уређаји за испитивање и карактеризацију узорака које су обухватале: расподелу величине честица, квантитативну микроструктурну анализу, морфологију честица путем скенирајућег електронског микроскопа и микроскопије атомских сила (AFM), DSC анализе, TGA анализе- енерго дисперзиону спектроскопску анализу (SEM/EDS) и анализе електричне проводности IS методом. Могуће остварене везе у композиту испитиване су применом FTIR спектроскопије. Увршћене су и 2 слике.

Део Резултати и дискусија, уједно и најопширније, се састоји из четири потпоглавља. У првом потпоглављу систематично су приказани резултати морфологије, структуре и карактеристика електрохемијски добијеног бакарног праха који је добијен при константном струјно-напонском режиму из сулфатног електролита и изражене је дендритичне структуре. Приказана су резултати морфолошке анализе, затим резултати морфолошке анализе честица путем скенирајућег електронског микроскопа, као и резултати мерења расподеле величине честица. Друго, треће и четврто потпоглавље се баве анализом морфологије, физичких, хемијских и физикохемијских особина композита поли(лактида) (PLA), поли(метил метакрилата) (PMMA) и поли(хидроксибутирата) (PHB) и бакарног праха. Анализе су обухватале FTIR спектроскопију, мерења тврдоће добијених композитних узорака, анализе електричне проводности IS методом, анализе структурних карактеристика проводних путева у композитима, AFM анализе пресека полимерних узорака, као и DSC и TGA анализе композитних материјала. Дат је приказ вредности електричне проводности израчунате на основу резултата мерења импедансе. Дискутован је утицај дендритичних честица на положај и појаву перколационог прага. У овом поглављу приказано је 27 слика.

У поглављу Закључци сумирани су најзначајнији резултати и сазнања проистекла из ове докторске дисертације, са акцентом и на могућу примену.

У поглављу Литература наведене су све референце цитиране у докторској дисертацији.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Истраживања у области електропроводних полимерних композита пуњених металним праховима су доживела велики развој у последње две деценије. Додавање металних пунилаца полимерним матрицама омогућава очување механичких особина полимера док се истовремено искоришћавају електропроводна својства метала. Електрична проводност полимера се може повећати за неколико редова величине додавањем металних пунилаца у облику влакана, прахова или првоводних материјала. Са друге стране електрична проводност се може остварити блендовањем суштински проводних полимера са непроводном матрицом. Проводност композита са проводним пуниоцима зависи од природе контаката између проводних честица пуниоца и запреминског удела фракције пуниоца, што је објашњено перколационом теоријом. Перколациони праг износи обично 15-30 vol. % за сферне честице. Међутим, главна механичка својства чистог полимера која се очекују да остану се губе при овако великим вредностима запреминских удела фракција пуниоца услед велике концентрације метала која је потребна за постизање перколационог прага и проводности. Иако покушаји да се побољшају својства материјала додавањем неорганских или органских пунилаца нису нови, па се отуда и синтетички полимерни композити већ годинама масовно примењују у различитим индустријским областима, ови синтетички материјали долазе из необновљивих извора и нису лако разградиви путем микроорганизама присутних у природи. Под утицајем растуће еколошке свести у последње време се све више разматрају биоразградиви и биокompatibilни материјали као алтернатива синтетичким полимерним матрицама, ојачивачима и пуниоцима за производњу еколошки прихватљивијих биокмползита. Како се већина ранијих студија из ове проблематика бавила карактеризацијом помоћу емпиријских резултата, оригиналност и главни квалитет ове дисертације се огледају у томе да су испитивања обухватила структурна својства композита и односа између матрице и пуниоца у композиту са циљем стицања нових фудаменталних сазнања и бољег разумевања електричне проводности ових материјала. На основу свеобухватног и детаљног прегледа најновије научне литературе, може се рећи да спроведена истраживања у оквиру ове докторске дисертације спадају у веома актуелно поље истраживања у области електропроводних композитних материјала и уклапају се у светске трендове, што додатно потврђује њихов значај. Таквих истраживања до сада није било те су добијени резултати оригинални и од великог значаја за ту област науке.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У оквиру докторске дисертације је цитирано 249 литературних навода, од којих је највећи део објављен у претходних 5-10 година. Стога се коришћена литература може оценити као адекватна и актуелна. Тематика радова наведених у литератури обухвата структуру и својства биоразградивих полимера са нарочитим акцентом на поли(лактид) (PLA), поли(метил метакрилат) (PMMA) и поли(хидроксидутират) (PHB), утицај услова синтезе на структуру и својства металних прахова, методологију синтезе и карактеризације проводних композита са посебним освртом на перколациону теорију, утицај морфологије честица пуниоца на појаву перколационог прага и анализу електричних својстава помоћу импедансне спектроскопије и теорије еквивалентног кола, што је и био основни циљ истраживања у оквиру ове докторске дисертације. Међу референцама могу се издвојити неке које су послужиле као основа или инспирација за формирање истраживања:

1. C. Guan; C. Lü; Y. Cheng; S. Song; B. Yang, *Journal of Materials Chemistry*, 19 (2009) 617-621.
2. J.L.H. Chau; C.-T. Tung; Y.-M. Lin; A.-K. Li, *Materials Letters*, 62 (2008) 3416-3418.
3. Y. Liu; C. Lü; M. Li; L. Zhang; B. Yang, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 328 (2008) 67-72.
4. Y.-Q. Li; Y. Yang; S.-Y. Fu; X.-Y. Yi; L.-C. Wang; H.-D. Chen, *The Journal of Physical Chemistry C*, 112 (2008) 18616-18622.
5. A. Masotti; A. Pitta; G. Ortaggi; M. Corti; C. Innocenti; A. Lascialfari; M. Marinone; P. Marzola; A. Daducci; A. Sbarbati; E. Micotti; F. Orsini; G. Poletti; C. Sangregorio, *Magnetic Resonance Materials in Physics, Biology and Medicine*, 22 (2009) 77-87.
6. J.L. Arias; M. López-Viota; J. López-Viota; A.V. Delgado, *International journal of pharmaceutics*, 382 (2009) 270-276.
7. C.N. Cutter, *Meat Science*, 74 (2006) 131-142.
8. B. Furie, *Bleeding and blood clotting*, Encyclopedia Britannica, 11th ed., Encyclopedia Britannica Inc.: London, 2014.
9. A.A. Shah; F. Hasan; A. Hameed; S. Ahmed, *Biotechnology Advances*, 26 (2008) 246-265.
10. K.C. Reis; L. Pereira; I.C.N.A. Melo; J.M. Marconcini; P.F. Trugilho; G.H.D. Tonoli, *Materials Research*, 18 (2015) 546-552.
11. C. Xu; Z. Qiu, *Polymers for Advanced Technologies*, 22 (2011) 538-544.
12. N. Ramesh; S.C. Moratti; G.J. Dias, *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials*, 106 (2018) 2046-2057.
13. M. Sadat-Shojai; M.-T. Khorasani; A. Jamshidi; S. Irani, *Materials Science and Engineering: C*, 33 (2013) 2776-2787.
14. S. Acharya; S.K. Sahoo, *Adv Drug Deliv Rev*, 63 (2011) 170-83.
15. M.M. Pavlović; V. Ćosović; M.G. Pavlović; N. Talijan; V. Bojanić, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 6 (2011) 3812-3829.
16. M.M. Pavlović; V. Ćosović; M.G. Pavlović; V. Bojanić; N.D. Nikolić; R. Aleksić, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 8883-8893.
17. M.M. Pavlović; M.G. Pavlović; V. Panić; N. Talijan; L. Vasiljević; M.V. Tomić, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 7 (2012) 8894-8904.
18. M.M. Pavlović; M.G. Pavlović; V. Ćosović; V. Bojanić; N.D. Nikolić; R. Aleksić, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 9 (2014) 8355-8366.
19. G. Pinto; M.B. Maidana, *J. Appl. Polym. Sci.*, 82 (2001).
20. M.H. Al-Saleh; U. Sundararaj, *Carbon*, 47 (2009).
21. W. Bauhofer; J.Z. Kovacs, *Composite Science and Technology*, 69 (2009).
22. M. Pavlović; L.J. Pavlović; N. Nikolić; K. Popov In *The effect of some parameters of electrolysis on apparent density of electrolytic copper powder in galvanostatic deposition*, *Materials science forum*, 2000; Trans Tech Publ: pp 65-72.
23. S.M. Zhang; L. Lin; H. Deng; X. Gao; E. Bilotti; T. Peijs; Q. Zhang; Q. Fu, *Express Polym. Lett.*, 6 (2) (2011) 159-168.
24. V.H. Pobleto; M.P. Alvarez; V.M. Fuenzalida, *Polym. Compos.*, 30 (2009) 328-333.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У оквиру реализације докторске дисертације коришћене су стандардне аналитичке и инструменталне методе за карактеризацију полазних конституената и испитивања својстава синтетизованих композита. Испитивања су обухватила одређивање расподеле величине честица методама оптичке микроскопије, скенирајуће електронске микроскопије (SEM), као и методом дифракције ласерске светлости. Испитивање састава и структуре полазних конституената и добијених композита вршено је помоћу инфрацрвене спектрометрије са *Fourier*-овом трансформацијом (ATR-FTIR), AFM анализе пресека полимерних и

композитних узорака, дифракције X зрака (XRD) и енерго дисперзионом спектроскопском анализом (SEM/EDX). Морфологија и микроструктура коришћених металних прахова и финалних композира испитивана је помоћу скенирајуће електронске микроскопије у комбинацији са спектроскопијом X зрака (SEM/EDX). Термичка стабилност и термијско понашање лигноцелулозе и дела синтетизованих композита са саставом блиским перколационом прагу су испитана применом диференцијалне скенирајуће калориметријске анализе (DSC) и термогравиметријске анализе (TGA). У циљу анализе електричних својстава испитиваних композитних материјала одређивана је електрична проводност методом импедансне спектроскопије (IS). Могуће остварене везе у композиту испитиване су применом FTIR спектроскопије. Примењене методе истраживања су адекватне областима које су обухваћене у докторској дисертацији.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати до којих је дошао аутор су практични и применљиви, и могуће је кроз даљи рад на овој проблематици извршити њихову верификацију. На основу анализе експерименталних резултата прикупљених кроз реализацију тезе може се закључити да је остварен велики допринос унапређењу фундаменталних знања из области електропроводних композита са биоразградивим и биокомпатибилним матрицама и металним праховима. Сечена сазнања се могу применити за оптимизацију удела металног праха у биоразградивим и биокомпатибилним матрицама у циљу постизања жељене вредности и контроле електричне проводности композита са већом еколошком прихватљивошћу и бољим економским аспектом. Верификација остварених резултата у оквиру дисертације постигнута је и објављивањем радова који из ње проистичу у међународним научним часописима из ове области.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Мр Зоран Јанковић, дипл.инж. технологије, је током израде докторске дисертације испољио самосталност и стручност у претраживању савремене литературе, планирању истраживања, осмишљавању, припреми и реализацији експеримената, карактеризацији материјала као и прикупљању, систематизацији и анализи добијених резултата. На основу испољеног квалитета, заинтересованости и стручности у обављању досадашњих научних и стручних активности, Комисија сматра да кандидат Мр Зоран Јанковић поседује све квалитете који су неопходни за самостални научно-истраживачки рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос резултата истраживања остварених у докторској дисертацији Мр Зорана Јанковића у погледу добијања и карактеризације електропроводних композитних материјала на бази биоразградивих и биокомпатибилних полимера и металних прахова се огледа у следећем:

- Дошло је до развоја нових електропроводних композитних материјала са биоразградивим матрицама и металним праховима са развијеним слободним површинама;
- Кандидат је допринео проширивању фундаменталних знања из области електричне и термичке проводности композитних материјала, као и перколационе теорије у виду бољег разумевања утицаја структуре и морфологије честица на положај и понашање перколационог прага;

- Успостављена је корелације између структуре и морфологије честица електропроводног пуниоца на електричну проводљивост композита;
- Примењене су физичко-хемијске методе у циљу бољег разумевања структурних и електричних карактеристика испитиваних композитних материјала.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације су, након опсежног и детаљног прегледа литературе из ове области, конципирана тако да пружи нова фундаментална сазнања о структурним својствима композита и односима између биоразградиве и биокомпатибилне полимерне матрице и прашкастих металних пунилаца ради бољег разумевања електричне проводности ових материјала. Други главни циљ ове тезе је довођење у везу физичких карактеристика полимера и пуниоца са електричном проводљивошћу целокупног биоразградивог и биокомпатибилног композита. Овај приступ је укључивао како класичну тако и динамичку перколациону карактеризацију, заједно са бројним тестовима физичких и механичких својстава металних, полимерних и композитних материјала. То је нарочито битно јер се већина ранијих студија из ове области бавила превасходно карактеризацијом помоћу емпиријских резултата.

Добијени резултати указују на то да облик и морфологија честица пуниоца игра значајну улогу на појаву електричне проводности односно појаву перколационог прага. Електрична проводност композита одређена на основу резултата мерења импедансе и у сагласности је са објављеним резултатима у литератури. Уочена је слојевита електрична проводност кроз целокупну запремину, при чему је показано да су отпорности унутрашњих слојева лимитирајући процеси укупне отпорности композита. Показно је да се отпорност повећава услед повећања доприноса дела унутрашње површине полимерне матрице са смањењем фреквенције наизменичне струје, као и да граница зрна такође игра значајну улогу. Утврђено је да велика слободна површина, већи број међучестичних контаката и ефекат границе зрна бакарног праха представљају кључне факторе који утичу на перколациони праг композита. Такође је утврђено да ефекат паковања помера вредност перколационог прага ка нижим вредностима запреминског удела пуниоца. Резултати TGA мерења припремљених биоразградивих и биокомпатибилних композита показују побољшање термалних карактеристика самих композита услед присуства металног пуниоца. Бакарни прах је јако добар електрични и термички проводник, тако да се емитована количина топлоте током TGA мерења првобитно акумулира у честицама пуниоца. Након акумулације долази до даљег тока топлоте ка полимерној матрици, која је лошији термијски проводник. Приметно је да нема разлике у одговору композита са различитим полимерним матрицама, јер се свуда побољшавају термијске карактеристике. Температура преласка у стакласто стање код свих припремљених PMMA, PLA и PNB композита је повећана за око 30 °C, услед побољшања термијских карактеристика самих композитних материјала.

Уз наведено, може се напоменути да стечена сазнања могу послужити за оптимизацију удела металног праха у биоразградивој матрици са циљем постизања унапред дефинисане вредности електричне проводљивости композита уз већу еколошку и економску прихватљивост.

Резултати проистекли из истраживања у овој докторској дисертацији, значајно су унапредили постојећа научна знања из области електропроводних композитних материјала на бази биоразградивих и биокомпатибилних полимера и металних прахова и отварају могућност дизајнирања и производње електропроводних композита са унапред дефинисаним карактеристикама.

4.3. Верификација научних доприноса

Зоран Јанковић је аутор и коаутор 2 рада у међународним часописима М23, 3 рада у домаћим часописима верификованим посебном одлуком М24, 2 рада у истакнутим националним часописима М52 и 8 саопштења са међународног скупа штампаних у целини М33.

Објављени научни радови и саопштења:

М23 – Радови у међународним часописима

1. **Zoran Janković**, Miroslav M. Pavlović, Marijana R. Pantović-Pavlović, Miomir G. Pavlović, Nebojša D. Nikolić, Jasmina S. Stevanović, S. Pršić, “Electrical and Thermal Properties of Poly(methylmetacrylate) Composites Filled With Electrolytic Copper Powder”, *Int. J. Electrochem. Sci.*, 13 (2018) 45 – 57, **ISSN 1452-3981**.
2. **Zoran Janković**, Miroslav M. Pavlović, Marijana R. Pantović-Pavlović, Nebojša D. Nikolić, Vladan Zečević, Miomir G. Pavlović, Electrical conductivity of poly (L lactic acid) and poly (3-hydroxybutyrate) composites filled with galvanostatically produced copper powder, *Hem. Ind.*, 72(5)285-292(2018), **ISSN 0367-598X**.

М24 – Радови у домаћем часописима верификовани посебном одлуком

1. M.M. Pavlović, V. Čosović, J. Stajić-Trošić, **Z. Janković**, N. Nikolić, M.G. Pavlović, „Uticaj morfologije punioca na termijske karakteristike kompozita lignoceluloze punjene metalnim prahovima“, *Zaštita materijala*, 56 (4) 471-482 (2015).
2. Saša Mićin, Sanja Martinez, Borislav N. Malinović, Vedrana Grozdanić, **Zoran Janković**, “Korozione karakteristike trojne legure ZnNiCo elektrohemijski istaložene korištenjem različitih anoda”, *Zaštita materijala*, 58 (2) (2015) 191-198, ISSN 0351-9465
3. **Z. Janković**, B. Ljubičić, S. Mićin, „Uloga i mehanizam dejstva inhibitora u rastvorima za nagrizanje čelika”, *Zaštita materijala*, 56 (4) (2015), 522-526, ISSN 0351-9465

М52 - Радови у истакнутим националним часописима

1. M.M. Pavlović, V. Čosović, **Z. Janković**, J. Stajić-Trošić, M.G. Pavlović, “Thermal Analysis of Lignocellulose Composites Filled With Metal Powders”, *Contemporary Materials*, ISSN 1986-8677, VII (1) (2016) 21-31.
2. **Z. Janković**, M.M. Pavlović, V. Čosović, J. Stajić Trošić, N. Nikolić, M.G. Pavlović, „Električna provodljivost kompozita na bazi PMMA i galvanostatski dobijenog bakarnog praha“, *Zaštita materijala i životne sredine*, Izd. Crnogorsko društvo za koroziju, zaštitu materijala i zaštitu životne sredine, 2 (2015) 53-61.

М33 - Радови са међународних skupova штампани у целини

1. **Z. Janković**, M.M. Pavlović, V. Čosović, J. Stajić-Trošić, N. Nikolić, M.G. Pavlović, „The effect of filler morphology on thermal characteristics of lignocellulose and metal powders composites”, 17. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection, International Conference, Proceedings, CD, pp. 31-44, ISBN 978-86-82343-23-3, 08.-11.9.2015, Tara, Serbia.
2. **Z. Janković**, Lj. Rudić-Mikić, Marija M. Pavlović, A. Gajić, M. Zarić, O. Grujić, Miroslav M. Pavlović, “Influence of ecologically acceptable polymer matrices on electrical conductivity of composites”, 18. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in

- the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection*, International Conference, Proceedings, CD, pp. 177-183, ISBN 978-86-82343-24-0, 12.-15.4.2016., Tara, Serbia.
3. M. M. Pavlović, M. G. Pavlović, **Z. Janković**, B. Arsenović, R. Fuchs-Godec, N. D. Nikolić, "Conductivity of copper filled composites with different polymer matrices", *III International Symposium of Corrosion and Materials Protection and Environment*, International Conference, Proceedings, pp. 51-56, ISBN 978-9940-9334-2-5, 12.-15.10.2016., Bar, Montenegro.
 4. M.G. Pavlović, M.M. Pavlović, M. Pantović, **Z. Janković**, R. Fuchs-Godec, B. Malinović, "Electroconductive Copper Powder Filled PMMA Composites", *XI Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska*, Proceedings, pp. 125- 129, 18.-19. November 2016, Teslić, Republika Srpska.
 5. **Z. Janković**, M. Pantović-Pavlović, A. Gajić, V. Marić, J.S. Stevanović, S. Eraković, M.M. Pavlović, „Novel method for synthesis of biocompatible hydroxyapatite passive/oxide layer on modified titanium surface“, *19. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection*, International Conference, Proceedings, CD, pp. 265-270, ISBN 978-86-82343-25-7, September 12-15. 2017., Tara, Serbia.
 6. **Z. Janković**, M.M. Pavlović, A. Gajić, M. Pantović-Pavlović, N.D. Nikolić, J.S. Stevanović, M.G. Pavlović, „Influence of biodegradable matrix on electrical conductivity of copper filled composites“, *20. YUCORR – Meeting Point of the Science and Practice in the Fields of Corrosion, Materials and Environmental Protection*, International Conference, Proceedings, CD, pp. 143-150, ISBN 978-86-82343-26-4, May 21-24., 2018., Tara, Serbia.
 7. **Z. Janković**, M.M. Pavlović, M. Pantović-Pavlović, V. Marić, M.G. Pavlović, „Electrical Conductivity of Poly(D,L-Lactide-co-Glycolide) Composites Filled With Galvanostatically produced Copper Powder“, *Fourth International Symposium of Corrosion and Materials Protection, Environment Protection and Protection Against Fire*, Proceedings, pp. 67-74, ISBN 978-9940-9334-3-2, 18.-21.09.2018., Bar, Montenegro.
 8. **Z. Janković**, M.M. Pavlović, M. Pantović-Pavlović, N.D. Nikolić, B. Malinović, M.G. Pavlović, „Electrical Conductivity of Composites with Biodegradable Matrices Filled with Galvanostatic Copper Powder“, *XII Conference of Chemists, Technologists and Environmentalists of Republic of Srpska*, The Book of Abstracts, p. 48, Publisher: University of Banja Luka, Faculty of Technology, Teslić, November 02-03. 2018., Republika Srpska, B&H.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу свега напред изнетог, Комисија сматра да је докторска дисертација кандидата мр Зорана Јанковића, дипломираног инжењера технологије, под називом: „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала“ урађена у складу са одобреном пријавом и да представља значајан и оригинални научни допринос у области Технолошког инжењерства, што је потврђено објављивањем наведених радова у међународним часописима. Имајући у виду квалитет, обим и научни допринос постигнутих резултата, Комисија предлаже Наставно-научном већу Техничког факултета у Бору Универзитета у Београду да прихвати овај Реферат и да га заједно са поднетом дисертацијом мр Зорана Јанковића: „Електрична проводност и карактеризација полимерних композита пуњених хемијски и електрохемијски добијеним праховима метала“ изложи на увид јавности у законски предвиђеном року и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, те да након завршетка ове процедуре, позове кандидата на усмену одбрану дисертације.

У Бору, јануара 2019. год.

Чланови комисије

Др Милан Антонијевић, редовни професор
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

Др Снежана Милић, редовни професор
Технички факултет у Бору, Универзитет у Београду

Др Мирослав Павловић, научни сарадник
Институт за хемију, технологију и металургију, Универзитет у Београду