

ЗАХТЕВ

за давање сагласности на реферат о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тачка 4. Статута Универзитета у Београду (“Гласник Универзитета у Београду” број 162/11, пречишћен текст, 167/12, 172/13 и 178/14), дате сагласност на реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата:

Ненад (Слободан) Јевремовић, дипломирани инжењер

КАНДИДАТ: **Ненад Јевремовић** пријавио је докторску дисертацију под називом:
„Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилен терефталата)“

Из научне области: **ХЕМИЈА И ХЕМИЈСКА ТЕХНОЛОГИЈА**

Универзитет је дана **19.10.2015.** године, својим актом **61206-4486/2-15**, дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила:

„ Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилен терефталата “

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Ненада Јевремовића** образована је на седници Наставно-научног већа одржаној **05.11.2020.** године Одлуком Факултета под бр. **35/319**, у саставу:

Име и презиме	Звање	Научна област
1.Др Иванка Поповић	Редовни професор	Полимерно инжењерство
2.Др Мелина Калагасидис Крушић	Редовни професор	Полимерно инжењерство
3.Др Јасна Цунузовић	Научни саветник	Хемија макромолекула

Студент је уписан на докторске студије школске 2006/2007. године.

На захтев студента, у складу са чланом 148. став 3 Закона о високом образовању и члана 29. Статута Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, по наставном плану и програму од 2005. године, декан је донео Решење бр. 20/191-1 од 22.10.2018. године о продужењу рока за завршетак студија до краја школске 2019/2020. године. На захтев студента, у складу са чланом 148. став 2 Закона о високом образовању и члана 29. Статута Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, по наставном плану и програму од 2005. године, декан је донео Решење број 20/81-1 од 30.09.2019. о продужењу рока за завршетак студија до краја школске 2020/2021. године.

Наставно-научно веће Факултета прихватило је реферат Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана **24.12.2020.** године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Петар Ускоковић

На основу члана 148. ст. 3. Закона о високом образовању ("Службени Гласник 29 од 29.09.2018. године Универзитета у Београду) и члана 29. Статута Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, а на захтев студента за продужење рока за завршетак студија декан доноси

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

Бр. 20/191-1

РЕШЕЊЕ

22. 10. 2018 год.

о продужењу рока за завршетак студија **БЕОГРАД**

Студенту **НЕНАДУ ЈЕВРЕМОВИЋУ**, број индекса ДС-23/2006, уписаном у прву годину докторских студија школске 2006/2007. године по наставном плану и програму од 2005. године по Закону о Универзитету, продужава се рок за завршетак студија до краја школске 2019/2020. године.

Тему докторске дисертације пријавио је школске 2013/2014. године. Универзитет у Београду је дао сагласност на предлог теме 30.10.2015. године.

Поука о правном леку:

Против овог решења именовани-а може поднети жалбу Савету Факултета у року од 8 дана од дана пријема решења

Доставити:

- Студенту;
- Служби за студентска питања;
- Општој служби – архиви.



ДЕКАН

[Signature]
проф. др Петар Ускоковић

На основу члана 148. ст. 2. Закона о високом образовању ("Гласник Универзитета у Београду бр. 67/2019") и члана 29. Статута Универзитета у Београду Технолошко-металуршки факултет, а на захтев студента за продужење рока за завршетак студија декан доноси

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ

РЕШЕЊЕ

о продужењу рока за завршетак студија

Бр. 20/81-1

30. 09. 2019

год.

БЕОГРАД

Студенту НЕНАДУ ЈЕВРЕМОВИЋУ, број индекса ДС-23/2006, уписаном у прву годину докторских студија школске 2006/2007. године по наставном плану и програму од 2005. године по Закону о Универзитету, продужава се рок за завршетак студија до краја школске 2020/2021. године.

Тему докторске дисертације пријавио је 2013/2014. године. Универзитет у Београду је дао сагласност на предлог теме 30.10.2015. године.

Поука о правном леку:

Против овог решења именовани-а може поднети жалбу Савету Факултета у року од 8 дана од дана пријема решења.

Доставити:

- Студенту;
- Служби за студентска питања;
- Општој служби – архиви.

ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ДЕКАН

проф. др Петар Ускоковић

На основу чл. 40. став 3. Закона о високом образовању, чл. 112. став 3. Статута Универзитета у Београду, чл. 88. став 3. Статута ТМФ-а и чл. 39. Правилника о докторским студијама ТМФ, на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета од 24.12.2020. године, донета је

О Д Л У К А

о прихватању Реферата о оцени докторске дисертације

Прихвата се Реферат Комисије у саставу: др Иванка Поповић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Мелина Калагасидис Крушић, редовни професор Универзитета у Београду, Технолошко-металуршки факултет, др Јасна Џунузовић, научни саветник Универзитета у Београду, Институт за хемију, технологију и металургију, о прегледу и оцени урађене докторске дисертације под називом: **„Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“** коју је поднео **Ненад Јевремовић**, дипломирани инжењер и упућује се на сагласност Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације Ненада Јевремовића, под називом **„Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“** Одлуком број: 61206-4486/2-15 од 19.10.2015. године.

Верификација научних доприноса:

Категорија M22:

1. **Jevremovic Nenad**, Kalagasidis-Krusic Melina, Antanasijevic Davor, Popovic Ivanka, „Migration of cypermethrin to and through the PET containers and artificial neural network-based estimation of its emission”, ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH, (2019), vol. 26 br. 28, str. 28933-28939 (**IF₂₀₁₉=3,056**) (ISSN: 0944-1344); <https://ezproxy.nb.rs:2078/article/10.1007/s11356-019-06108-8>

Категорија M23:

1. **Jevremovic Nenad**, Velickovic Sava, Kalagasidis-Krusic Melina, Panic Vesna, Volkov-Husovic Tatjana, Jancic-Heinemann Radmila, Popovic Ivanka, „Image analysis as a useful tool for fast detection of dimensional and structural changes of poly(ethylene terephthalate) containers”, HEMIJSKA INDUSTRIJA, (2018), vol. 72 br. 6, str. 351-361 (**IF₂₀₁₈=0,566**) (ISSN: 0367-598X) <https://doi.org/10.2298/HEMIND180516027J>

Одлуку доставити: Већу научних области техничких наука Универзитета, ментору, Служби за наставно-студентске послове, Библиотеци и Архиви факултета.

Д Е К А Н

Проф. др Петар Ускоковић

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ТЕХНОЛОШКО-МЕТАЛУРШКИ ФАКУЛТЕТ
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ненада С. Јевремовића, дипл.инж.технологије

Одлуком Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду бр. 35/319 од 05.11.2020. године, именоване смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ненада С. Јевремовића, дипломираног инжењера технологије, под насловом:

„Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Ненад С. Јевремовић, дипл.инж.технологије, уписао је докторске студије школске 2006/2007. године, на Катедри за органску хемијску технологију Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, студијски програм Хемија и хемијска технологија.

- **09.07.2015.** на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду (одлука бр. 35/306) именована је Комисија за оцену подобности теме и кандидата Ненада Јевремовића, дипл.инж. технологије, под називом „Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“.
- **17.09.2015.** – на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду (одлука бр. 35/385) прихваћен је Реферат Комисије за оцену подобности теме и кандидата Ненада Јевремовића, за израду докторске дисертације под називом „Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“. За менторе ове дисертације именоване су др Иванка Поповић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, и др Мелина Калагасидис Крушић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду.

- **19.10.2015.** на седници Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду (одлука бр. 61206-4486/2-15) дата је сагласност на предлог теме докторске дисертације Ненада Јевремовића под називом „Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“.
- **5.11.2020.** на седници Наставно-научног већа Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду, (одлука 35/319) именована је Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације Ненада Јевремовића, под називом „Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“.

1.2. Научна област дисертације

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемија и хемијска технологија, ужа научна област Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство, за коју је матична институција Технолошко-металуршки факултет, Универзитет у Београду. Ментори ове докторске дисертације су др Иванка Поповић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду и др Мелина Калагасидис Крушић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета Универзитета у Београду. На основу научног искуства и објављених научних радова компетентне су да руководе израдом ове докторске дисертације.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Ненад С. Јевремовић, дипломирани инжењер технологије, рођен је 29.04.1970. у Врању. Основну и средњу школу завршио је у Крушевцу. Дипломирао је на Технолошко-металуршком факултету, Универзитет у Београду, смер Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство, 2000.године са просечном оценом 8,08 и оценом 10 на дипломском раду „Сушење дитиокарбамата у флуидизованом слоју“. Уписао је докторске студије на Технолошко-металуршком факултету, Универзитет у Београду школске 2006/2007. године на студијском програму Хемија и хемијска технологија, профил Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство. Положио је све програмом предвиђене испите, као и завршни рад, са оценом 10.

У периоду 2001. до 2006. године био је запослен у Хемијској Индустрији „Жупа“ Крушевац као инжењер у производњи, а потом као директор Фабрике пестицида. Од 2006. године до данас ради као инжењер у Сектору развоја Фабрике за производњу алкохолних пића „Рубин“ АД у Крушевцу. Од 2011. године хонорарно је ангажован као директор производње у фирми „Биогенесис“ д.о.о. из Београда, која се бави производњом средстава за заштиту биља (пестицида), биопестицида и биоцида.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација Ненада С. Јевремовића под називом „Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“ написана је

на 234 страна, у оквиру којих се налази 147 слика, 75 табела и 265 литературних навода. Докторска дисертација садржи седам целина: Увод, Теоријски део, Експериментални део, Резултате и дискусију, Закључак, Литературу и Прилог. Теоријски део је подељен у пет поглавља, Експериментални део има једно поглавље, а Резултати и дискусија три поглавља. На почетку дисертације дат је Резиме на српском и енглеском језику, као и списак коришћених ознака, списак слика и списак табела у дисертацији и списак табела у Прилогу. Уз текст дисертације приложена је и биографија аутора, као и додаци прописани правилима Универзитета о подношењу докторских дисертација на одобравање: потписане изјаве о ауторству, коришћењу и истовестности штампане и електронске верзије докторске дисертације. По форми и садржају, написана дисертација задовољава све стандарде Универзитета у Београду за докторску дисертацију.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **Уводу** дисертације дат је историјат и преглед употребе поли(етилена терефталата), PET, са посебним акцентом на употребу PET као амбалаже у индустрији производње средстава за заштиту биља (пестицида) и законској регулативи која дефинише паковање пестицида. Описана је проблематика која се јавља у случају паковања пестицида у PET боце, а затим су описане полазне хипотезе, предмет истраживања и циљеви израде ове докторске дисертације.

Теоријски део је подељен у пет поглавља. У првом поглављу дате су карактеристике поли(етилена терефталата), методе добијања, структура PET-а, физичко-хемијска својства и поступци добијања PET боца. У другом поглављу описане су карактеристике транспорта гасова и течности кроз полимерне материјале (дифузија, апсорпција, пропустљивост и миграција), као и фактори који утичу на поменуте феномене (слободна запремина полимера, природа молекула пенетраната, температура, морфологија PET-а). У трећем поглављу презентована је анализа слике у науци о материјалима, начин формирања дигиталних слика (бинарних слика, слика у сивој скали и слика у боји), као и аритметичке операције на сликама. Четврто поглавље теоријског дела дисертације описује примену вештачких неуронских мрежа као модела за обраду информација инспирисан биолошким нервним системом. У овом поглављу дате су поделе вештачких неуронских мрежа на основу доступних експерименталних података, концепт „обучавања” неуронских мрежа и статистичке методе које се користе као показатељи перформанси неуронских мрежа. У петом поглављу описани су пестициди, односно средства за заштиту биља: приказан је састав пестицида (облик формулације), дата је општа подела пестицида и при томе је детаљно објашњен састав пестицида у облику концентрата за емулзију (ЕС) који у своме саставу садрже органске раствараче, а који су били предмет ове дисертације.

Експериментални део је написан као једно поглавље које се састоји из општег дела и два подпоглавља. У општем делу дат је списак PET боца које су испитиване у раду (PET боце са глатким зидовима запремине 50 и 100 ml и PET боце са оребреним зидовима запремине 100 ml), списак органских растварача и пестицида који су коришћени у „тесту старења”, као и поступак третмана свих боца пре и након „теста старења” и анализа на основу којих су добијени експериментални резултати. У првом

подпоглављу експерименталног дела, дат је преглед материјала који су коришћени у експериментима са основним карактеристикама: PET гранулат, органски растварачи и емулгатори, пестициди. У другом подпоглављу описани су поступци који су коришћени за карактеризацију испитиваних PET боца. У опису поступка рада са софтвером за анализу слика Image Pro Plus, детаљно су описани поступци фотографисања боца, калибрисање узорака боца и обрада слика у програму Photoshop CS3, као и димензиона анализа свих испитиваних боца употребом филтера и одређивање морфолошких промена на боцама. Поступак анализе слике поларископијом описује основне поступке за анализу слика у боји и раздвајање слика на примарне боје. У поступку DSC анализе описане су зоне на боцама са којих је изведено испитивање степена кристаличности. Поред тога, описан је и поступак мерења масе боца и статистичка анализа која је коришћена за анализу експерименталних резултата (маса боца, површине објеката издвојених на боцама, транспарентности, степена сивоће и кристаличности). У другом подпоглављу Експерименталног дела описана је примена вештачке неуронске мреже за предвиђање емисије пестицида кроз боце током времена складиштења.

Резултати и дискусија подељени су у четири поглавља. У првом поглављу приказани су резултати експеримената на глатким PET боцама запремине 50 ml које су током теста старења биле напуњене органским растварачима, односно пестицидима. Констатована је промена у маси празних и напуњених боца пре и након теста старења, као и промене у облику испитиваних боца. Све промене на испитиваним боцама последица су апсорпције, а касније и дифузије органских растварача/пестицида кроз PET боце што је објашњено упоређивањем Хилдебрандових параметара за PET и испитиване органске раствараче. Промене на боцама су последица растварачима индуковане кристализације PET-а, а манифестују се променом облика испитиваних боца, променом транспарентности и бубрењем PET боца. Промене у облику испитиваних боца измерене су применом анализе слике коришћењем софтвера Image Pro Plus, при чему су димензије испитиваних боца (након теста старења) упоређиване са референтном боцом, односно празном боцом која је такође подвргнута тесту старења. На основу добијених резултата утврђено је да се у оба случаја, и код органских растварача и код пестицида, највеће промене на боцама јављају у зонама грла и дна боце. Применом анализе слике на испитиваним боцама издвојене су области са промењеном морфологијом у односу на референтну боцу, а констатоване промене сферичности, површине објеката, транспарентности и степена сивоће биле су основ за одређивање степена кристаличности боца изложених органским растварачима и пестицидима током теста старења. Да би се потврдила оправадност методе анализе слике коришћењем програма Image Pro Plus, одређен је степен кристаличности истих испитиваних боца DSC методом и добијена је линеарна корелација између степена сивоће (одређеног софтвером Image Pro Plus) и степена кристаличности (одређеног DSC анализом). Поларископска анализа урађена је за боце које су биле изложене дејству органских растварача током теста старења и добијени резултати указују на промену интензитета светлости управо на зонама PET боца које су претрпеле највеће промене у облику, што је последица промењене структуре PET-а. Све промене на PET боцама, укључујући дифузију и апсорпцију кроз PET боце што је последица

растварачима индуковане кристализације, израженије су у случају органских растварача него у случају пестицида. У **другом поглављу**, приказани су резултати експеримената на глатким PET боцама запремине 100 ml које су биле напуњене органским растварачима/пестицидима током теста старења. Испитивања боца запремине од 100 ml изведена су са органским растварачима који имају највише утицаја на промену структуре PET боца, а што је утврђено на основу експерименталних резултата са боцама од 50 ml. Експериментални подаци промена димензија испитиваних боца и промена у морфологији PET-а одређених на издвојеним зонама PET боца (сферичност, транспарентност и степен сивоће), указују на слично понашање боца од 100 ml и 50 ml под истим експерименталним условима, за исте органске растварање, односно пестициде. Степен сивоће боца од 100 ml је у линеарној корелацији са степеном кристаличности PET-а одређеног DSC анализом, што потврђује оправданост коришћења методе анализе слике за утврђивање промена у структури PET-а. Поларископска анализа боца од 100 ml изложених дејству растварача током теста старења, указала је на промену интензитета светлости на PET боцама, што је последица промене структуре PET-а. У **трећем поглављу**, приказани су експериментални резултати за оребрене боце запремине 100 ml. И у серији експеримената са оребреним боцама коришћени су исти органски растварачи/пестициди, као и у експериментима са боцама од 50 и 100 ml. На основу експерименталних података констатована је апсорпција и дифузија органских растварача/пестицида кроз PET боце, али у знатно мањем обиму, што је последица геометрије боца. Методом анализе слике коришћењем софтвера Image Pro Plus, одређене су промене димензија боца, сферичност и степен сивоће, а степен кристаличности испитиваних боца урађен је DSC анализом. И у случају оребрених боца, констатована је линеарна зависност степена сивоће и степена кристаличности, што је у потпуности потврдило претпоставке изнете у дисертацији, да је могуће испитати утицај упакованог производа (органских растварача и пестицида) на PET боце, неструктурним методама коришћењем анализе слике и одговарајућег софтвера, а у циљу потврде стабилности PET амбалаже за паковање пестицида. У **четвртном поглављу**, приказани су резултати експеримената продуженог теста старења глатких боца запремине 100 ml са пестицидима, који су у свом саставу садржали различите количине активне материје (циперметрина) у количинама 5 mas.%, 10 mas.%, 15 mas.% и 20 mas.%. У експерименту је вариран и садржај растварача (ксилена), док је садржај емулгатора био исти. На основу експерименталних података промене масе боца са различитим концентрацијама циперметрина током теста старења, добијени су подаци о емисији растварача/циперметрина током теста и они су коришћени за моделовање применом опште регресијске вештачке неуронске мреже (GRNN). Као улазни сигнали за GRNN мрежу коришћени су концентрација активне материје и време складиштења. Ваљаност коришћеног модела GRNN мреже процењена је статистичким методама. Анализом осетљивости примењеног GRNN модела установљено је да оба улазна параметра (време складиштења и концентрација циперметрина) утичу на емисију кроз PET боце, при чему је утврђено да је време складиштења значајнији параметар од концентрације активне материје.

Поглавље **Закључак** садржи најважније закључке изведене на основу експерименталних резултата изложених у претходним поглављима.

Литература садржи све референце које су цитиране у дисертацији. Након литературе дат је **Прилог** у коме су приказани резултати промене масе и димензија свих испитиваних боца испуњених органским растварачима и пестицидима испитаним у раду, подаци потребну за анализу слике и подаци за примену једнофакторске анализе ANOVA. Дисертација садржи и **Биографију кандидата, Изјаву о ауторству, Изјаву о истовестности штампане и електронске верзије и Изјаву о коришћењу.**

3.ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Утицај упакованих производа на пластичну амбалажу, компатибилност амбалаже и упакованог производа, рок трајања упакованог производа, баријерна својства амбалаже, утицај амбалаже на упаковане производе (конзистенцију, мирис и укус), предмет су истраживања последњих тридесет година и уско су повезане са развојем полимера који се користе за израду амбалаже. PET као материјал који се користи за различите намене, своју најширу употребу нашао је као полимерни материјал за израду боца намењених различитим типовима производа (прехрамбеним, алкохолним и безалкохолним пићима, козметичким средствима, средствима за заштиту биља). Испитивања стабилности и квалитета производа упакованих у PET амбалажу, разматрани су са аспекта баријерних својстава PET-а (губитка CO₂ и кисеоника), пропустљивости за гасове из спољашње средине, стабилности амбалаже у односу на упаковани производ (апсорпција и дифузија као феномени транспорта гасова и пара упакованих производа који могу да утичу на морфологију PET амбалаже, која може да доведе до деградације полимера, цурења упакованог производа и сличних негативних последица). На основу препорука светске здравствене организације дефинисане су минималне количине хемијских једињења која могу да мигрирају из PET-а у упаковани производ и утичу на његов квалитет, здравствену безбедност упакованог производа и његов рок трајања.

Употреба PET амбалаже у индустрији пестицида све је заступљенија. Имајући у виду да се у формулацији пестицида користе органски растварачи и једињења петрохемијског порекла која могу бити и токсична, јасно је да је избор амбалаже за паковање пестицида изузетно важан. У пракси ту одлуку доноси произвођач пестицида без валидне методе која би потврдила оправданост избора одређеног паковања. На основу статистичких анализа о кретању и поступању са амбалажним отпадом у Европи из 2019. године, око 25 % укупних количина амбалажног отпада бива ускладиштено на депонијама, најчешће као неадекватно ускладиштен амбалажни отпад без процене ризика на животну средину и утицаја деградације полимера и остатака упакованих производа који се могу задржати у пластичном материјалу.

Докторска дисертација Ненада С. Јевремовића управо има за тему испитивање могућности и оправданости паковања органских растварача и пестицида у облику концентрата за емулзије (ЕС) са аспекта стабилности, сигурности и рециклабилности PET амбалаже, узимајући у обзир промене на PET амбалажи до којих долази под

дејством упакованих пестицида током животног века производа. Испитан је утицај органских растварача и пестицида (средстава за заштиту биља) на структуру PET боца при убрзаном старењу. Основа експерименталног рада у дисертацији, била је препоручена метода Међународног колаборативног већа за аналитику пестицида (eng. CIPAC-Collaborative International Pesticide Analytical Council) CIPAC 1.MT.46, познатија као „тест старења”. Метода одређује стабилност пестицида у оригиналној амбалажи и подразумева складиштење растварача/пестицида на температури 54 ± 2 °C током 14 дана и симулира понашање производа током две године рока трајања. Након теста старења, испитиване су промене на PET амбалажи: промена масе боца, промена степена кристалиничности, промена димензија боца изазване бубрењем полимерног материјала, као и садржај апсорбованог производа у зидовима боца у зависности од параметара растворљивости, на основу којих су добијене корисне информације о оправданости употребе PET боца за паковање пестицида. У експерименталном раду, мерењем количине апсорбованог и дифундованог растварача/пестицида кроз зидове боца од PET-а, приказана је количина органских растварача/пестицида који остају у зидовима PET-а.

Феномен промене удела кристалне фазе PET-а индукован органским растварачима је одавно познат, али је у дисертацији по први пут описан метод одређивања кристалне фазе методом анализе слике и примена софтвера Image Pro Plus као недеструктивне методе којом би се брзо и ефикасно добиле информације о промени структуре PET амбалаже током века трајања пестицида. До сада анализа слике није коришћена за праћење промена у степену кристалиничности полимера.

Идеја је била да се применом анализе слике детектују и издвоје зоне на боцама које су претрпеле промене током теста старења, а да се затим мерењем трансперентности и степена сивоће, доведу у везу са променом удела кристалне фазе PET-а. Оваква хипотеза условљености промене степена сивоће полимерног материјала садржајем кристалне фазе је упоређивана са резултатима DSC анализе истих узорак боца и добијена је потврда сагласности методе анализе слике са конвенционалном DSC методом која се користи за одређивање удела кристалне фазе у полимеру.

С обзиром да не постоји одговарајућа аналитичка метода која потврђује адекватност PET-а за паковање пестицида, оригиналност ове дисертације се огледа у потврди да се анализа слике може користити као брза метода, која се може применити на велики број узорака што је карактеристично за индустријску производњу, за испитивање адекватности PET амбалаже за паковање пестицида, као и за селекцију таквог амбалажног отпада као опасног отпада који се на одговарајући начин мора третирати. То је посебно важно имајући у виду да овакву врсту опасног отпада није могуће рециклирати јер је немогуће екстраховати нити елиминисати „заробљене” количине растварача/пестицида из зидова боца, па је због тога неопходно обезбедити адекватно складиштење, а потом и уништавање овакве врсте отпада.

У дисертацији је описан и поступак стварања вештачке неуронске мреже са општом регресијом (*General regression neural network* -GRNN) помоћу које може да се предвиди емисија пестицида кроз PET боце. На основу добијених експерименталних података (концентрације активне материје у пестицидима и времена складиштења), обучавања и тестирања неуронске мреже, анализом „осетљивости” модела вештачке

неуронске мреже, добијени су поуздани подаци о процени емисије пестицида кроз PET амбалажу током времена складиштења.

На основу прегледа литературе, добијених експерименталних резултата и могућности примене употребљене методе (метода анализе слике) може се закључити да истраживања у оквиру ове докторске дисертације прате светске трендове и указују на значај и актуелност проучавање проблематике.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У докторској дисертацији Ненада С. Јевремовића, цитирано је 265 литературних навода који у потпуности одговарају коришћеној теми и указују на актуелност истраживања. Наведена литература обухвата објављене радове везане за: а) карактеристике транспорта гасова и течности кроз PET, б) миграцију органских молекула из полимерних материјала у упаковани производ, в) баријерна својства PET-а, г) растварачима индуковану кристализацију, д) употребу методе анализе слике у науци о материјалима, ђ) вештачке неуронске мреже (архитектуру, процес обучавања, статистичке методе и показатеље перформанси неуронских мрежа), е) формулацију и добру произвођачку праксу (GMP) за производњу пестицида, међународне стандарде и прописе о стабилности пестицида, препоруке за апликацију пестицида (FAO) и одлагање отпадне амбалаже. Наведена литература углавном представља научне радове објављене у међународним часописима у последњих десет година. Поред њих, наведене су и референце ранијег датума, у којима се налазе основна сазнања и полазна основа за анализу резултата добијених у овој дисертацији. Истраживања која су дата у коришћеним референцама су послужила за планирање експеримената, анализу и дискусију добијених резултата, као и за извођење одређених закључака.

Објављени радови кандидата и коришћена литература у изради дисертације доводе до закључка да је кандидат упознат са прописима и стандардима за производњу пестицида, њихову примену и примењује актуелна научна достигнућа (из области дисертације).

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Промене кристаличности испитиваних PET боца као последица дејства органских растварача/пестицида током теста старења, одређиване су диференцијалном скенирајућом калориметријом (DSC). На основу експерименталних резултата коришћењем методе анализе слике (и софтвера Image Pro Plus), потврђена је претпоставка да се одређивање удела кристалне фазе може извршити неструктивним методама, које су знатно брже у производним условима. За одређивање садржаја активне материје у испитиваним узорцима пестицида коришћене су методе гасне хроматографије (GC) и течне хроматографије (HPLC). За анализу експерименталних резултата мерења на испитиваним боцама, коришћена је једнофакторска анализа варијансе ANOVA по потпуно случајном плану и примењена је на: промену масе узорака празних и пуних боца, промену транспарентности, степена сивоће и степена кристаличности. Процена емисије пестицида кроз PET амбалажу током времена складиштења добијена је применом вештачке неуронске мреже са општом регресијом (GRNN).

3.4. Примењивост остварених резултата

Резултати приказани у оквиру докторске дисертације допринеће анализи адекватности PET амбалаже за паковање пестицида и могућности за испитивање компатибилности пестицида и PET амбалаже у којој се пакују. Такође, резултати ће допринети развоју метода за брзу селекцију таквог амбалажног отпада као опасног отпада који се на одговарајући начин мора третирати.

Имајући у виду стандардну CIPAC методу која се користи за одређивање стабилности течних формулација пестицида, могуће је коришћењем методе анализе слике утврдити промене у структури PET боца, које би указале на компатибилност упакованог производа и PET боца. Праћење емисије органских растварача/пестицида током теста старења (одређених променом масе боца са пестицидима), могуће је моделовање опште регресијске неуронске мреже (GRNN) са само два улазна сигнала (садржај активне материје/растварача и време складиштења), која се може користити за процену емисије током времена складиштења пестицида и оптимизацију производње. Резултати добијени у истраживањима из ове докторске дисертације верификовани су објављивањем радова у часописима међународног значаја (M22, M23 и M53), као и презентовањем добијених резултата на националном скупу (M63).

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

У свом досадашњем истраживачком раду кандидат Ненад С. Јевремовић, дипломирани инжењер технологије, показао је стручност и самосталност у претраживању и коришћењу научне литературе, планирању и реализацији експеримената, обради и анализи добијених података, дискусији резултата и припреми публикација. Комисија је на основу досадашњег залагања и постигнутих резултата, као и на основу поднете докторске дисертације, утврдила да кандидат поседује све квалитете неопходне за самостални научно-истраживачки рад.

4.ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Остварени научни допринос ове дисертације огледа се у:

1. ближем сагледавању и разумевању интеракција које се успостављају између PET-а и органских растварача/пестицида,
2. употреби литературних података (параметара растворљивости, HLB бројева) за предвиђање поменутих интеракција,
3. употреби поларископије за одређивање критичних позиција на амбалажи изазваних дејством растварача/пестицида,
4. примени методе анализе слике за одређивање промена у морфологији PET-а (промена степена кристаличности), као јефтиније и брже методе за одређивање

промена на амбалажи које би указале на компатибилност упакованог производа и PET боца,

5. примени методе анализе слике за брзу селекцију амбалажног отпада од PET -а као опасног отпада који се на одговарајући начин мора третирати и

6. могућности моделовања вештачких неуронских мрежа за процену емисије органских растварача и пестицида током времена складиштења пестицида и оптимизацију производње.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Остварени резултати и научни доприноси наведени у тачки 4.1 пружају значајне информације о примени методе анализе слике као недеструктивне и ефикасне методе за одређивање степена кристаличности PET-а од којих је израђена амбалажа за паковање пестицида. Стабилност упакованих пестицида која се одређује стандардном SIPAC методом представља методу убрзаног старења која одређује стабилност пестицида током рока трајања, док се утицај упакованих пестицида на PET амбалажу може сагледати утврђивањем промена у степену кристаличности PET боца. Промена масе PET боца (напуњених пестицидима) након теста старења, као и промена степена кристаличности PET боца, могу се користити за одређивање компатибилности амбалаже и пестицида, као и за селекцију амбалажног отпада од PET -а као опасног отпада који се на одговарајући начин мора третирати. Подаци о промени масе током теста старења могу се користити као улазни подаци за моделовање вештачких неуронских мрежа, које могу предвидети емисију органских растварача и пестицида кроз PET амбалажу током времена складиштења готовог производа.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Ненад С. Јевремовић је резултате свог истраживања током израде ове дисертације потврдио објављивањем радова у часописима међународног значаја и саопштењем на скупу националног значаја. Из ове докторске дисертације проистекли су следећи резултати:

један рад објављен у истакнутом међународном часопису (M22), један рад у међународном часопису (M23), један рад у националном часопису (M53) и саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63).

Рад у међународном часопису M22:

1. **Jevremovic Nenad**, Kalagasidis-Krusic Melina, Antanasijevic Davor, Popovic Ivanka, „Migration of cypermethrin to and through the PET containers and artificial neural network-based estimation of its emission”, ENVIRONMENTAL SCIENCE AND POLLUTION RESEARCH, (2019), vol. 26 br. 28, str. 28933-28939 (IF₂₀₁₉=3,056) (ISSN: 0944-1344); <https://ezproxy.nb.rs:2078/article/10.1007/s11356-019-06108-8>

Рад у међународном часопису M23:

1. **Jevremovic Nenad**, Velickovic Sava, Kalagasidis-Krusic Melina, Panic Vesna, Volkov-Husovic Tatjana, Jancic-Heinemann Radmila, Popovic Ivanka, „Image

analysis as a useful tool for fast detection of dimensional and structural changes of poly(ethylene terephthalate) containers”, HEMIJSKA INDUSTRIJA, (2018), vol. 72 br. 6, str. 351-361 (IF₂₀₁₈=0,566) (ISSN: 0367-598X)
<https://doi.org/10.2298/HEMIND180516027J>

Рад у националном часопису M52:

1. **Nenad Jevremović**, Sava Veličković, Radmila Jančić, „Praćenje uticaja hlorbenzena na ubrzano starenje poli(etilen tereftalata) bočica metodom analize slike”, IMK-14 Istrazivanje i razvoj, (2008), vol.14, br.1-2, str. 9-14 (ISSN: 0354-6829)
<http://scindeks.ceon.rs/article.aspx?query=ISSID%26and%266511&page=0&sort=8&stype=0&backurl=%2fissue.aspx%3fissue%3d6511>

Саопштење са скупа националног значаја штампана у целини – M63:

1. S.Veličković, **N.Jevremović**, M.Dimitrijević, D.Golubović, R.M.Heinnemann, „Uticaj rastvarača na promenu dimenzija PET bočica tokom ubrzanog starenja”, 5.Kongres Inženjera, plastičara i gumara. KIPG 2008, Zrenjanin 21.-24. oktobar 2008. Zbornik radova na kompakt disku.

5.ПРОВЕРА ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Оригиналност ове докторске дисертације је проверена 06.11.2020. године на начин прописан Правилником о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду (Гласник Универзитета у Београду, бр. 204/22.06.2018). Помоћу програма iThenticate, утврђено је да подударане текста износи 6%. Овај степен подударности последица је општих места, цитата, односно употребе стручних термина и података који се тичу обрађене теме, као и навођења дефиниција различитих појмова и објашњења параметара који се налазе у релацијама наведеним у тези. Део подударности се односи на претходно публиковане резултате докторандових истраживања, који су проистекли из његове дисертације, што је у складу са чланом 9. Правилника. Стога сматрамо да је докторска дисертација Ненада Јевремовића у потпуности оригинална, као и да су у потпуности поштована академска правила цитирања.

6.ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Истраживања у оквиру ове докторске дисертације припадају научној области Хемија и хемијска технологија, ужа научна област Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство, за коју је Технолошко-металуршки факултет, Универзитета у Београду, матична установа. Ментори ове докторске дисертације су др Иванка Поповић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, и др Мелина Калагасидис Крушић, редовни професор Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду. На основу изнетих података Комисија сматра да су предмет,

циљеви, методе, актуелност и значај докторске дисертације кандидата Ненада Јевремовића, дипломираног инжењера технологије, јасно дефинисани и научно засновани. Ова дисертација даје значајан горе наведен научни допринос научној области Органска хемијска технологија и полимерно инжењерство. Комисија предлаже Наставно-научном већу Технолошко-металуршког факултета, Универзитета у Београду, да се докторска дисертација под називом **„Утицај пестицида на структуру полимера при убрзаном старењу поли(етилена терефталата)“** кандидата Ненада Јевремовића прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничко-технолошких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 6.12.2020.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. др Иванка Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет
2. др Мелина Калагасидис Крушић, редовни професор
Универзитет у Београду,
Технолошко-металуршки факултет
3. др Јасна Џунузовић, научни саветник
Универзитет у Београду,
Институт за хемију, технологију и металургију