

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата *Милана Вујовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства* за израду докторске дисертације

Одлуком бр. 5026/11-1 од 25.1.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата *Милана Вујовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства* за израду докторске дисертације и научне заснованости теме *Радијациона стабилност полимерних, геополимерних и композитних материјала за примене у управљању радиоактивним отпадом*.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Милан Вујовић рођен је 19.5.1986. године у Шапцу. Основну школу и Средњу техничку школу завршио је у Шапцу са одличним успехом. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписује 2005. године. На Електротехнички факултету дипломирао је са просечном оценом 8,4 одбравивши рад под називом „Систем ограничавања дозе“. Мастер студије на Електротехничком факултету уписује 2010 године. Мастер студије завршава са просечном оценом 9,4 одбравивши мастер рад под називом „Мерна несигурност одређивања дозе у дијагностичкој радиологији“. Докторске студије на Електротехничком факултету уписује 2011. године.

Милан Вујовић од марта 2011. године ради у Агенцији за заштиту од јонизујућих зрачења и нуклеарну сигурност Србије прво на месту сарадника а потом и специјалисте за нуклеарну сигурност и управљање радиоактивним отпадом. Од 2016. године је на радном месту руководиоца групе за нуклеарну сигурност и управљање радиоактивним отпадом. До сада је учествовао на већем броју радионица у области нуклеарне сигурности, управљања радиоактивним отпадом и декомисије нуклеарних објеката у организацији Међународне агенције за атомску енергију.

Милан Вујовић има објављене радове из области заштите од зрачења и коаутор је уџбеника „Управљање радиоактивним отпадом“ чије је објављивање одобрено одлуком научно-наставног већа Електротехничког факултета.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Кандидат Милан Вујовић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства уписао је Докторске студије на Електротехничком факултету 2011. Године на модулу за Нуклеарну, медицинску и еколошку технику. У току студија положио је све испите са највишом оценом и успешно завршио све обавезе предвиђене студијским планом и програмом изабраног модула и на тај начин остварио предвиђених 120 ЕСПБ бодова. У наставку је дат преглед положених испита и завршених обавеза.

На основу одлуке Наставно–научног већа бр. 545/2 од 13.3.2012. године, Студијски програм је започео у пролећном семестру школске 2011/2012, па се рок за завршетак докторских академских студија рачуна од почетка тог семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета. По истеку законског рока за завршетак докторских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија за два семестра, сагласно Статуту Универзитета у Београду и Статуту Електротехничког факултета.

Преглед положених испита:

Р.Бр.	Назив	Оцена	ЕСПБ Бодова
1	Радијациона и електромагнетна компатибилност електротехничких компоненти и уређаја	10	9
2	Одабрана поглавља из нуклеарне физике	10	9
3	Дозиметрија, заштита од зрачења и нуклеарни отпад	10	9
4	Математичко моделовање физичко-техничких процеса	10	9
5	Нуклеарне методе у технолошким процесима	10	9
6	Енглески језик	10	6
7	Теорија нуклеарних реактора	10	9
8	Мерење јонизујућег и нејонизујућег зрачења	10	9
9	Нумеричка симулација радијационих и нуклеарних процеса	10	9
10	Мерне методе у нуклеарној, медицинској и еколошкој техници	10	9

Преглед завршених обавеза:

Обавеза	ЕСПБ Бодова
Студијски истраживачки рад II	15
Научно стручни рад	3
Студијски истраживачки рад I	15

Научно-истраживачка активност Милана Вујовића одвија се у областима дозиметрије и заштите од зрачења а у последње време и радијационе стабилности материјала и компоненти. Кандидат се овом проблематиком бави теоријским истраживањима и применом сложених рачунарских симулација транспорта честица заснованих на Монте Карло методама. Област захтева обављање великог броја симулација, прорачуна и анализа добијених резултата, тако да се кандидат у знатној мери усавршава и у области вероватноће и статистике. У наставку је дат списак објављених научних радова кандидата:

M23 – Рад у међународном часопису

1. Ciraj-Bjelac Olivera, Gavrilović Marijana, Arandić Danijela, Vujović Milan, Božović Predrag. *Radiation exposure during x-ray examinations in a large paediatric hospital in Serbia*. Radiation Protection Dosimetry, 2015, Vol. 165 (1-4), pp. 220 – 225, IF (2015): 0,894, ISSN online 1742-3406, print 0144-8420

M33 – Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Milan Vujovic, Maja Eremic-Savkovic, Ivana Avramovic, Vedrana Vuletic, Slađan Velinov, Orphan sources search and secure in Republic of Serbia – planning, implementation and current status, The Proceedings of the 14th International Congress of the International Radiation Protection Association, Cape Town, Republic of South Africa, 9-16 May 2016 pp: 1710-1717 ISBN 978-0-9989666-4-9, International Radiation Protection Association
2. M. Vujović, I. Avramović, V. Janjić, I. Babović, Radioactive Waste Management Framework in Republic Of Serbia – Status, Issues and Planned Activities, International Conference on the Safety of Radioactive Waste Management, Vienna, Austria, 21 – 25 November 2016

M34 – Саопштење са међународног скупа штампано у изводу

1. Ciraj-Bjelac Olivera, Gavrilović Marijana, Arandić Danijela, Vujović Milan, Božović Predrag. Radiation Exposure During X-ray Examinations in a Large Dedicated Paediatric Hospitals in Serbia. International Conference on Radiation Protection in Medicine, Varna, Bulgaria, 30 may – 2 jun 2014, Medical Physics International Journal, volume 2, No.1, 2014, ISSN 2306 – 4609, pp 325
2. M. Vujović, O. Ciraj-Bjelac, P. Božović, D. Arandić, M. Gavrilović. Uncertainty of dose assessment in conventional radiography. Book of Abstracts / The Second International Conference on Radiation and Dosimetry in Various Fields of Research, RAD 2014, May 27-30, 2014, Niš, Serbia, pp: 345-346, ISBN 978-86-6125-100-9

M63 – Саопштење са националног скупа штампано у целини

1. Jasminka Joksić, Mirjana Radenković, Irena Tanasković, Milan Vujović i Vedrana Vuletić, Sistematsko ispitivanje radioaktivnosti u životnoj sredini u Srbiji, Zbornik radova 26. Simpozijuma Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Tara, 12-14 oktobar, 2011., pp: 109-113, ISBN 978-86-7306-105-4, Institut za nuklearne nauke Vinča, Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore
2. Milan Vujović, Ivana Avramović, Mirjana Radenković i Vladimir Janjić, Regulatorni poslovi u oblasti nuklearne sigurnosti i bezbednosti i upravljanja radioaktivnim otpadom, Zbornik radova 27. Simpozijuma Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore, Vrnjačka Banja, 02-04 oktobar, 2013., pp: 368-371, ISBN 978-86-7306-115-3, Institut za nuklearne nauke Vinča, Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore
3. Milan Vujović, Slobodan Milutinović, Miloš Vujisić, Simulation-based Comparison of Energy Deposition Pathways in Neutron-irradiated TiO₂ Memristors, Proceedings of Papers – 4th International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2017, Kladovo, Serbia, June 05 – 08, 2017

1. Milan Vujović, Danijela Maksin, Miloš Vujisić, Microdosimetric Simulations for Testing Cell Radiosensitivity, Fourth International Conference on Radiation and Applications in Various Fields of Research (RAD 2016), Niš, Serbia, May 23 to 27, 2016

Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације кандидата одржана је 31.1.2018. године на Електротехничком факултету, пред Комисијом у саставу:

1. Др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет (председник Комисије)
2. Др Гордана Пантелић, виши научни сарадник, Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке Винча
3. Др Жељко Ђуришић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
4. Др Марко Барјактаровић, доцент, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет

Кандидат је тему своје докторске дисертације изложио у виду презентације, а потом успешно одговорио на сва постављена питања и показао одлично владање проблематиком која је тема докторске дисертације, на основу чега је на јавној усменој одбрани предложене теме добио оцену „задовољно“.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

На основу претходног приказа остварених резултата досадашњег рада, као и стечених искустава кандидата, Комисија је стекла увид у способности и научноистраживачки рад кандидата. Узимајући у обзир све наведено, став Комисије је да кандидат Милан Вујовић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, задовољава све потребне услове да приступи раду на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Примена радиоактивних материјала у индустрији, медицини, научно-истраживачком раду, као и производња електричне енергије у нуклеарним електранама, поред огромне користи за човечанство има за последицу генерисање радиоактивног отпада. Као и сви други радиоактивни материјали, и радиоактивни отпад емитује јонизујуће зрачење које потенцијално представља опасност по здравље људи и животну средину те је стога сигурно управљање радиоактивним отпадом од суштинског значаја за заштиту здравља људи и животне средине, како сада тако и у будућности.

Радиоактивни отпад је радиоактивни материјал који се не планира за даљу употребу. Према томе, сваки извор зрачења и радиоактивни материјал без обзира на његову примену може једног дана постати радиоактивни отпад ако пре тога, услед радиоактивног распада не достигне нивое при којима се може ослободити у животну средину а да при том не повећа ризик од појаве нежељених ефеката. Поред тога, током рада нуклеарних и радијационих објеката може случајно или ако то радни процес захтева доћи до контаминације радионуклидима. Уколико се контаминација не може уклонити или њено уклањање није оправдано такав материјал се проглашава радиоактивним отпадом. Радиоактивни отпад се може налазити у три агрегатна стања: гасовитом, течном и чврстом, док опсег концентрације активности може бити од блиске нивоима при којима се материјал може испустити у

животну средину па до веома велике која захтева примену сложених мера заштите од зрачења. Поред активности и агрегатног стања, опције за складиштење и одлагање радиоактивног отпада зависе и од облика отпада, од врсте присутних радионуклида, њихове концентрације и токсичности.

Управљање радиоактивним отпадом представља скуп свих административних и оперативних активности које се односе на руковање радиоактивним отпадом, од сакупљања радиоактивног отпада, преко његове обраде, складиштења и, на крају, одлагања радиоактивног отпада. Управљање радиоактивним отпадом подразумева карактеризацију, припремне радове за транспорт, транспорт, пријем, обраду која укључује предтретман, третман и кондиционирање, складиштење, одлагање као и испуштање ефлуената. Управљање радиоактивним отпадом у ширем смислу обухвата низ техничких мера и активности којима се настали радиоактивни отпад претвара у форме погодне за складиштење и одлагање. Највеће количине радиоактивног отпада настају током рада нуклеарних и радијационих објеката или у процесу њихове декомисије. Управљање радиоактивним отпадом односи се на различите временске оквири и раздобља која се мере годинама, колико траје интервал од настанка до обраде отпада, или деценијама колико може трајати складиштење, посебно ако се у обзир узму трендови дугорочног складиштења присутни последњих година, и вековима па и миленијумима колико траје период у којем одређене врсте радиоактивног отпада имају значајне активности после одлагања у одговарајућа одлагалишта радиоактивног отпада.

Примарни циљ управљања радиоактивним отпадом јесте поступање са радиоактивним отпадом на начин који је сигуран, односно којим се спречавају негативни ефекти јонизујућег зрачења по људско здравље и животну средњу, како данас тако и убудуће, без додатног оптерећења будућих генерација.

Радиоактивни материјали, па самим тим и радиоактивни отпад, представљају потенцијални ризик за здравље људи и животну средину уколико нису контролисани на одговарајући начин. Из овог разлога радиолошки ризик, присутан у свим фазама управљања радиоактивним отпадом, мора бити контролисан на одговарајући начин. За ефикасну контролу ризика, поред контроле активности у којима се радиоактивни материјали користе, од великог значаја јесте и контрола радиоактивног отпада насталог током и после коришћења радиоактивног материјала. Будући да одређени радиоактивни материјали имају веома дуг период полураспада, то је контрола радиоактивног отпада неопходна у веома дугом временском периоду који се мери вековима. Радиоактивни отпад, у значајном броју случајева има велику активност и зато, у општем случају, захтева имобилизацију у циљу превенције ширења радионуклида у животну средину и адекватну заштиту од спољашњег зрачења.

Обезбеђивање сигурности током свих фаза управљања радиоактивним отпадом а посебно током обраде где се разни физички и хемијски процеси врше на самом радиоактивном отпаду односно током складиштења и одлагања када је велика количина радиоактивног отпада ускладиштена на једном месту, је од веома великог значаја. Мере којима се обезбеђује сигурност радиоактивног отпада морају се спроводити не само током периода обраде и складиштења радиоактивног отпада већ и током периода када је радиоактивни отпад одложен у одговарајуће одлагалиште. Ово захтева да материјали, системи и структуре које осигуравају да радиоактивни материјали не доспеју у животну средину буду такви да могу да одговоре сигурносним захтевима током веома дугог периода.

Од велике важности у управљању радиоактивним отпадом а посебно при транспорту, складиштењу и одлагању су контејнери у којима се отпад транспортује, складишти и одлаже као и испуне контејнера (матрикси) којима се радиоактивни отпад имобилизује у одговарајућим контејнерима са циљем спречавања његовог ширења у радну и животну средину. Контејнери и матрикси праве се од материјала који својим физичким и конструкционим својствима омогућавају дугорочни интегритет ускладиштеног или

одложеног радиоактивног отпада. Стандардна пракса у већини држава данас је да се за складиштење и одлагање ниско и средње активног радиоактивног отпада користе челични или бетонски контејнери док се као испуна обично користи портланд цементни бетон без додатног агрегата. Истраживања која се врше у циљу припреме одлагалишта високо активног радиоактивног отпада и ислуженог нуклеарног горива отворила су могућности за испитивање материјала који су потенцијални кандидати за замену материјала који се стандардно користе у управљању радиоактивним отпадом. Међу овим материјалима су и неки полимерни, геополимерни и композитни материјали који би својим својствима могли да значајно допринесу ефикаснијој имобилизацији радиоактивног отпада спречавајући на тај начин његово ширење у радну и животну средину.

Циљ истраживања је да се утврди радијациона стабилност полимерних, геополимерних и композитних материјала током складиштења и одлагања радиоактивног отпада узимајући посебно у обзир дуг временски период током ког треба обезбедити сигурност ускладиштеног или одложеног радиоактивног отпада. Све ово је посебно значајно у светлу све веће примене извора зрачења, изградње нових нуклеарних електрана и посебно све веће количине ислуженог нуклеарног горива и радиоактивног отпада који настају у процесу декомисије нуклеарних и радијационих објеката. Такође, циљ истраживања је и да се утврди сигурност складиштења и одлагања у матриксе од полимерних, геополимерних и композитних материјала или у контејнере сачињене од њих током дугог временског периода.

Значај овог истраживања је у испитивању дугорочне стабилности полимерних, геополимерних и композитних материјала који су нашли примену у управљању радиоактивним отпадом, како би се смањио ризик од доспевања радиоактивног отпада у радну или животну средину, правилним избором материјала за одговарајуће контејнере и њихове испуне.

Релевантне референце у вези са темом:

- [1] Chapman N, Mc Combie C, Principles and standards for the disposal of long-lived radioactive wastes, Elsevier, 2003
- [2] Drace Z, Ojovan MI. The behaviours of cementitious materials in long term storage and disposal: an overview of results of the IAEA coordinated research programme. Mater. Res. Soc. Symp. Proc. 1193, 663–672 (2009)
- [3] International Atomic Energy Agency, The Principles of Radioactive Waste Management, IAEA Safety Series, No. 111-F, 1996
- [4] International Atomic Energy Agency, Handling, conditioning and storage of spent sealed radioactive sources, IAEA-TECDOC-1145, Vienna, 2000
- [5] International Atomic Energy Agency, Scientific and Technical Basis for the Near Surface Disposal of Low and Intermediate Level Waste, Technical Reports Series No. 412, Vienna, 2002
- [6] International Atomic Energy Agency, Scientific and Technical Basis for the Geological Disposal of Radioactive Wastes, Technical Reports Series No. 413, Vienna, 2003
- [7] International Atomic Energy Agency, Methodology for safety assessment applied to predisposal waste management, IAEA-TECDOC 1777, Vienna, 2005
- [8] International Atomic Energy Agency, Disposal Options for Disused Radioactive Sources, Technical Reports Series No. 436, Vienna, 2005.
- [9] International Atomic Energy Agency, Geological disposal of radioactive waste: technological implications for retrievability, IAEA nuclear energy series, NW-T-1.19, Vienna, 2009

- [10] International Atomic Energy Agency, Planning and design considerations for geological repository programmes of radioactive waste, IAEA TECDOC 1755, Vienna, 2014
- [11] Lee WE, Ojovan MI, Jantzen CM (Ed). Radioactive waste management and contaminated site clean-up. Woodhead Publishing Limited, UK, 2013
- [12] Miller W (Ed). Geological disposal of radioactive wastes and natural analogues, Pergamon, 2000
- [13] Ojovan MI, Lee WE. New Developments in Glassy Nuclear Wasteforms, Nova Science Publishers, New York, 2007
- [14] Ojovan MI. Handbook of advanced radioactive waste conditioning technologies. Woodhead Publishing Limited, UK, 2011
- [15] Ojovan MI, Lee WE. An Introduction to Nuclear Waste Immobilisation, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 2015
- [16] Pusch R, Geological Storage of Highly Radioactive Waste, Springer, 2008
- [17] Shinya Nagasaki, Shinichi Nakayama (Ed). Radioactive Waste Engineering and Management. Springer, 2015
- [18] Spence R, Shi C (Ed), Stabilization / solidification of hazardous, radioactive, and mixed wastes, CRC Press, 2005

3. Полазне хипотезе

- Класе испитиваних материјала су потенцијални кандидати за замену материјала који се стандардно користе у управљању радиоактивним отпадом.
- Радијациону стабилност испитиваних материјала могуће је утврдити симулацијом дејства зрачења на средину кроз коју оно пролази.
- Могућност да се у симулацијама задају широке варијације параметара који се односе на особине материјала (састав, структура и геометрија) и услове њиховог излагања зрачењу (облик извора, присутни радионуклиди, њихова активност, карактер поља зрачења, трајање излагања) обезбеђује оптималан избор материјала који би пружили дугорочну имобилизацију радиоактивног отпада, спречавајући његово ширење у животну средину.

4. Научне методе истраживања

- Теоријски ће биће анализирани специфичности дејства јонизујућег зрачења на полимерне, геополимерне и композитне материјале.
- Формираће се физички модели за симулацију дејства зрачења на испитиване материјале, који ће детљно описивати особине материјала, њихову геометрију, облик и радијационе карактеристике извора, као и интеракције зрачења са средином.
- Формирани модели биће искоришћени да се кроз варијацију параметара упореди радијациона осетљивост испитиваних материјала, међу собом и са другим материјалима који налазе примену у управљању радиоактивним отпадом.

5. Очекивани научни допринос

- Биће спроведена анализа специфичности утицаја јонизујућег зрачења на полимерне, геополимерне и композитне материјале.

- Биће развијени симулациони модели дејства зрачења на материјале који су предмет истраживања.
- Биће анализирано понашање испитиваних материјала у условима дуготрајне (вишедеценијске или вишевековне) изложености зрачењу.
- Анализираће се ризик од доспевања радиоактивног отпада у радну или животну средину у зависности од избора материјала и конструкције одговарајућих контејнера.

6. План истраживања и структура рада

- Преглед литературе о радијационим ефектима у полимерним, геополимерним и композитним материјалима.
- Преглед искустава из праксе која се тичу примене различитих материјала у управљању радиоактивним отпадом, са акцентом на складиштење и одлагање.
- Овладавање програмерским техникама неопходним за развој планираних модела.
- Формирање модела који на детаљан начин симулирају ефекте јонизујућег зрачења у испитиваним материјалима.
- Спровођење симулација уз варирање параметара унутар опсега вредности који су препознати као релевантни на основу теоријске анализе.
- Анализа резултата и дискусија о могућностима примене полимерних, геополимерних и композитних материјала у управљању радиоактивним отпадом.
- Оцена одрживости полазних хипотеза.
- Приказ резултата и закључака кроз научне радове.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације као и непосредног увида у досадашњи научноистраживачки рад кандидата Милана Вујовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства Комисија је закључила да кандидат испуњава све услове да приступи раду на предложеној теми докторске дисертације под називом „Радијациона стабилност полимерних, геополимерних и композитних материјала за примене у управљању радиоактивним отпадом“.

Комисија је такође закључила да предложена тема докторске дисертације под називом „Радијациона стабилност полимерних, геополимерних и композитних материјала за примене у управљању радиоактивним отпадом“ прати трендове глобалних научних истраживања у области управљања радиоактивним отпадом. Поред великог теоријског интереса, предложена тематика је подједнако занимљива и са практичне тачке гледишта а посебно узимајући у обзир строге сигурносне захтеве постављене зас ваку фазу управљања радиоактивним отпадом. Предложена истраживања у оквиру дисертације имају велики потенцијал да доведу до нових сазнања и представљају новину на светском нивоу.

Комисија констатује да предложена тема припада ужој научној области Нуклеарна техника и да је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матични факултет за ову научну област, те да се за ментора израде докторске дисертације предлаже др Милош Вујисић, доцент на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. Уз извештај се прилаже списак радова доц. др Милоша Вујисића који га квалификују за ментора.

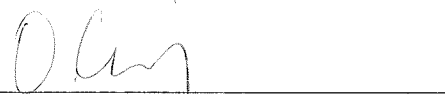
Узимајући у обзир све наведено Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Милану Вујовићу, мастер инжењеру електротехнике и рачунарства одобри израду докторске дисертације под називом „Радијациона стабилност полимерних, геополимерних и композитних материјала за примене у управљању радиоактивним отпадом“.

У Београду, 1.2.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Милош Вујић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Гордана Пантелић, виши научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке Винча



др Жељко Ђуришић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Марко Барјактаровић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет