

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Предрага Божовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком бр. 5011/11-3 од 23.10.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Предрага Божовића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, под насловом:

„Процена дозе за очно сочиво у интервентним процедурама на основу дозиметра за цело тело применом метода експерименталне и рачунарске дозиметрије“

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 Предраг Божовић је уписао докторске студије у школској 2011/12. години на Електротехничком факултету у Београду, студијски програм Електротехника и рачунарство, модул Нуклеарна, медицинска и еколошка техника. Током студија положио је све испите са просечном оценом 10,00 и испунио све обавезе везане за студијски истраживачки рад које су предвиђене студијским планом и програмом.

Тему докторске дисертације под радним насловом **„Процена дозе за очно сочиво у интервентним процедурама на основу дозиметра за цело тело применом метода експерименталне и рачунарске дозиметрије“** кандидат је пријавио 18.12.2017. године. Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду је одобрила предлог теме за израду докторске дисертације 25.1.2018. године. Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду је именovalo Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (одлука бр. 5011/11-1 од 25.1.2018. године) у саставу:

1. Др Ковиљка Станковић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду;
2. Др Милица Јанковић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду;

3. Др Драгана Тодоровић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“.

За ментора докторске дисертације предложена је др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду. Јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултета Универзитета у Београду одржана је 30.1.2018. године пред комисијом у саставу: др Ковиљка Станковић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Милица Јанковић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду, др Драгана Тодоровић, научни саветник Института за нуклеарне науке „Винча“. Комисија је закључила да је кандидат Предраг Божовић на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације добио оцену „задовољно“. Комисија је заједно са предложеним ментором докторске дисертације др Оливером Цирај-Бјелац, редовним професором Електротехничког факултета Универзитета, сачинила Извештај о оцени подобности теме и кандидата.

Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије о оцени подобности теме и кандидата (одлука бр. 5011/11-2 од 13.2.2018. године).

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (одлука бр. 06-806/3-18 од 26.2.2018. године) под насловом „**Процена дозе за очно сочиво у интервентним процедурама на основу дозиметра за цело тело применом метода експерименталне и рачунарске дозиметрије**“ кандидата Предрага Божовића и за ментора је предложена др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Кандидат је урађену докторску дисертацију предао на преглед и оцену 28.09.2020. године. Комисија за студије трећег степена Електротехничког факултета Универзитета у Београду потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације (одлука бр. 5011/11-3 од 23.10.2020. године) у саставу:

1. Др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду;
2. Др Ковиљка Станковић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду;
3. Др Јелена Станковић Петровић, научни сарадник Института за нуклеарне науке „Винча“.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада научној области Техничких наука – електротехника и рачунарство за коју је матичан Електротехнички факултет, а у ужем смислу научној области Нуклеарна техника. У оквиру ове уже научне области могу се издвојити област дозиметрије и област заштите од зрачења, чиме се најпрецизније описује припадност теме докторске дисертације. Ментор дисертације је др Оливера Цирај-Бјелац, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду, наставник на претметима у вези теме докторске дисертације и аутор бројних научних и стручних радова из уже научне области којој припада ова докторска дисертација.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Предраг Божовић је рођен 04.05.1985. године у Новом Саду. Основну и средњу електротехничку школу је завршио у Нишу као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 2004. године. Дипломирао је 2010. године на

смеру Биомедицински и еколошки инжењеринг са просечном оценом 8,16 и одбрањеним дипломским радом под називом „Процене мера заштите од јонизујућег зрачења“ са оценом 10. На истом факултету и истом модулу уписује Мастер академске студије 2010. године. Мастер академске студије је завршио 2011. године са просечном оценом 9,2 и одбрањеним Мастер радом под називом „Експериментално одређивање атенуационих својстава плочастих материјала на бази гипса за заштиту од зрачења у дијагностичкој радиологији“ са оценом 10. Докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду уписао је 2011. године на модулу Нуклеарна, медицинска и еколошка техника. Положио је све испите са просечном оценом 10 и испунио све обавезе прописане студијским програмом сакупивши предвиђених 120 ЕСПБ.

Од 2011. године запослен је у Лабораторији за заштиту од зрачења и заштиту животне средине Института за нуклеарне науке Винча. У звање истраживач сарадник изабран је 2013. године, а реизабран 2016. године.

Научно-истраживачки рад одвија се у области дозиметрије и заштите од зрачења активностима везаним за карактеризацију сложених поља јонизујућих зрачења и развоја методологије за карактеризацију и оптимизацију заштите у пољима зрачења. Овакав рад подразумева теоријска и лабораторијска истраживања, као и практични рад у лабораторији и на терену. Област захтева обављање великог броја мерења и прорачуна те и усавршавање и у области вероватноће и статистике. Активности су биле фокусиране на одређивање нивоа излагања на задовољавајућем нивоу тачности узимајући у обзир сложеност проблематике, различите видове излагања и истовремену изложеност различитим врстама зрачења. Истраживања су била усмерена ка развоју адекватних експерименталних и рачунских метода за тачно и ефикасно одређивање доза и ризика. Посебан пажња посвећена је на пољу дозе за очно сочиво за особље у току интервентних процедура у којима се користи јонизујуће зрачење применом Монте Карло симулација. Резултати добијени у истраживачком раду и обављеним мерењима публиковани су са циљем побољшања заштите од зрачења, смањења радијационог оптерећења животне средине и минимизацији ризика који је последица излагања јонизујућим зрачењима.

Додатна усавршавања је стекао на међународним курсевима:

- Physical Protection and Security Management of Radioactive Sources, 09. – 11.05.2012., Slovenia, National Nuclear Security Administration, US Department of Energy
- International Center for Theoretical Physics (ICTP), College on Medical Physics, 10 –28 September 2012, Miramare, Trieste, Italy.
- International Atomic Energy Agency (IAEA), Regional Post-graduate educational training course on radiation protection and the safety of radiation sources, 6 October 2014 - 27 March 2015, Athens, Greece.
- EUTEMPE RX Module MPE06: The development of advanced QA protocols for testing radiological devices, KU Lueven, 13. – 17.11.2017, Lueven, Belgium

Поред научно-истраживачког рада активно учествује и у активностима акредитоване Лабораторије за радијациона мерења, и то у оперативним пословима из области дозиметрије и заштите од зрачења према овлашћењима Лабораторије за заштиту од зрачења и заштиту животне средине Института за нуклеарне науке Винча. Ови послови укључују израду Иувештаја о сигурности и Програма заштите од јонизујућих зрачења, контролу квалитета рендген-апарата, дозиметријска испитивања радних места и процену доза за професионално изложена лица, прорачун дебљина заштитних баријера за просторије у које се смештају извори јонизујућих зрачења, израду стручних мишљења у области дозиметрије и заштите од зрачења и испитивање атенуационих својстава материјала који се користе у заштити од јонизујућих зрачења. Од 2013. године обавља посао заменика техничког руководиоца у

Сектору за испитивање доза зрачења акредитоване Лабораторије за испитивање, а од 2020. посао техничког руководиоца Сектора за испитивање доза зрачења.

Од 2016. године је редовни предавач у Центру за перманентно образовање ИНН Винча из области дозиметрије и заштите од зрачења. Од 2017. учествује и у обукама из области СБРНе заштите у оквиру програма Лабораторије за заштиту од зрачења и заштиту животне средине и Лабораторије за физичку хемију Института Винча.

На 56. конференцији ЕТРАН 2012 презентовао је рад у оквиру секције Нуклеарна техника и освојио награду за најбољи рад у категорији "Рад младог истраживача".

У досадашњем научно-истраживачком раду објавио је три рада у међународним часописима категорије М22, четири рада у међународним часописима категорије М23 и презентовао резултате на девет конференција. Рецензент је Nuclear Technology and Radiation Protection и активно се бави промоцијом својих области истраживања кроз организацију научних скупова и радионица, одржавање научно-популарних предавања.

Члан је Друштва истраживача Винча (ДИВ) и члан организационог одбора Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе (ДЗЗСЦГ). Редовни је предавач на манифестацијама "Отворена врата Института Винча".

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом: „Процена дозе за очно сочиво у интервентним процедурама на основу дозиметра за цело тело применом метода експерименталне и рачунарске дозиметрије“ написана је на српском језику, обима 70 страна. Садржи 7 поглавља (без увода и закључка), 13 табела, 27 слика и листу од 179 библиографских референци.

Текст докторске дисертације чине следећа поглавља:

Увод;

1) Дозиметријске величине у заштити од зрачења;

2) Основни принципи заштите од зрачења и професионална излагања у медицини;

3) Интервентна кардиологија и радиологија; 4) Актуелно стање у дозиметрији за очно сочиво у интервентним процедурама;

5) Примена Монте Карло метода у дозиметрији;

6) Процена дозе за очно сочиво на основу дозиметара за цело тело применом Монте Карло симулација;

7) Дискусија;

Закључак.

Дисертација садржи и непагиниране уводне странице са неопходним информацијама о дисертацији: резиме са кључним речима и подацима о научној области на српском (1 страна) и на енглеском језику (1 страна) и садржај (4 стране).

Поред наведеног, на крају текста налази се биографија аутора и обавезне изјаве (Изјава о ауторству, Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и Изјава о коришћењу).

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација подељена је, поред уводног поглавља и закључка, у седам поглавља.

У првом поглављу дат је опис величина које се користе у дозиметрији јонизујућег зрачења (основне, заштитне и оперативне величине), на темељу препорука Међународне комисије за радијационе јединице и мере (ICRU) и Међународне комисије за заштиту од зрачења (ICRP). Поред дефиниције ових величина, описане су и дозиметријске величине које служе за карактеризацију дозе за пацијенте, као и корелација индикатора пацијенте доза са оперативним дозиметријским величинама. На крају, дат је критички осврт на постојеће и предлог нових оперативних дозиметријских величина са циљем да се превазиђу одређена ограничења постојећих оперативних дозиметријских величина.

У другом поглављу описан је описује међународни систем заштите од зрачења, заснован на три основна принципа дефинисана од стране Међународне комисије за заштиту од зрачења (оправданост праксе, оптимизација заштите и ограничавање индивидуалних доза и ризика). С обзиром да примена зрачења у медицини спада у планирана излагања и као таква мора бити подвргнута регулаторној контроли, објашњене су и потребе за увођењем и начином спровођења индивидуалног мониторинга и мониторинга радне средине. У овом поглављу су дати основни постулати амбијенталног и индивидуалног мониторинга и опис дозиметара који се могу користити за потребе различитих видова мониторинга.

Интервента кардиологија и радиологија описана је у Поглављу 3. Дат је преглед историјског развоја интервентних процедура у радиологији и кардиологији и уређаја којим се ове процедуре обављају, укључујући специфичности генератора рендгенског зрачења, рендгенске цеви и детектора. У овом поглављу, описане су и механизми за контролу излагања, вези на технику прегледа и особине дијагностичке опреме. Дат је преглед доступних заштитних средстава са посебним освртом на особине од значаја за контролу излагања у интервентним процедурама.

Поглавље 4 даје приказ актуелног стања у пракси који се односи излагања особља у интервентним процедурама, укључујући нивое излагања, методе мониторинга индивидуалног излагања и факторе који утичу на излагање особља. У овом поглављу дате су основне чињенице у вези анатомије људског ока са становишта дозиметрије, преглед нивоа доза за очно сочиво у клиничкој пракси у контексту примене X-зрачења у интервентним процедурама, могуће опције за индивидуални мониторинг медицинског особља и анализа фактора који могу тицати на контролу дозе за очно сочиво. У оквиру разматрања о опцијама за индивидуални мониторинг узете су у обзир све релевантне оперативне дозиметријске величине и различити типови активних и пасивних дозиметара.

Поглавље 5 описује математичке основе Монте Карло метода (описивањем функције расподеле вероватноће, расподеле домета честице, избора случајног правца кретања честице из тачкастог извора и праћења честице). Дат је и преглед доступних комерцијалних Монте Карло програма као и осврт на примену Монте Карло метода у истраживању у области дозиметрије и заштите од зрачења.

Експеримент спроведен у оквиру ове дисертације приказан је у Поглављу 6. Дат је опис поставке Монте Карло симулација за потребе одређивања конверзионих коефицијената за процену дозе за очно сочиво на основу дозиметра за цело тело. Поред овога, приказани су и испитивање заштитних особина заштитних средстава која се користе у интервентним процедурама. Описан је поступак валидације Монте Карло симулација.

У финалном, седмом поглављу, дискутовани су резултати добијени у току истраживања за потребе ове дисертације. Ово поглавље ставља остварене резултате, презентоване у претходним поглављима, у шири контекст области којој дисертација припада, кроз поређења са актуелним достигнућима у овој области. Резултат критичког разматрања у

овом поглављу је идентификовање тема и проблема од теоријског и практичног значаја за будућа истраживања.

На крају, у Закључку, дат је осврт на комплетан експеримент и његов практични значај као и приказ могућег наставка овог истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Очно сочиво се убраја у радиосензитивнија ткива у људском телу. Бројне епидемиолошке студије спроведене у протеклој деценији указале су да радијационе повреде ока могу настати на нивоима доза далеко нижим у односу на раније утврђен праг за ткивне реакције, посебно у случају хроничних излагања малим дозама као што је случај код професионално изложених лица у медицини. На основу нових епидемиолошких доказа, Међународна комисија за заштиту од зрачења (ICRP) је смањила праг дозе за ефекте јонизујућих зрачења на очном сочиву на 0.5 Gy а нови праг дозе за ткивне реакције имао је за последицу и смањење годишње границе дозе за очно сочиво са 150 mSv на 20 mSv. Имајући у виду нову границу излагања, дозиметрија за очно сочиво постала је једна од најзначајнијих истраживачких тема у области заштите од зрачења. Неоспорно, дозиметрија за очно сочиво значајна је из више разлога: за одређивање нивоа излагања очног сочива за потребе епидемиолошке анализе ефеката јонизујућих зрачења, за проверу усаглашености са регулаторним лимитима и за оптимизацију заштите од зрачења.

Разматрана докторска дисертација представља оригинални научно-истраживачки рад у области дозиметрије и заштите од јонизујућег зрачења са фокусом на дозиметрију за очно сочиво. У овој тези, приказано је ново решење за индивидуални мониторинг за очно сочиво у интервентним процедурама у радиологији и кардиологији, заснован на конверзији дозе за цело тело одређене дозиметром еталонираним у оперативној величини $H_p(10)$ и позиционираним преко заштитне кецеље, у дозу за очно сочиво. Монте Карло симулације употребљене су за израчунавање конверзионих коефицијената, чиме су одређене корелације дозе за очно сочиво у оперативној величини $H_p(3)$ са дозом за цело тело исказаној у оперативној дозиметријској величини $H_p(10)$ током флуороскопски вођених интервентних процедура у радиологији и кардиологији. Поред реализације дозиметријских решења, анализирана је и ефикасност различитих заштитних средстава у пољима расејаног X-зрачења, карактеристичним за интервентне процедуре у радиологији и кардиологији. Приказани резултати темеље се на примени комбинације савремених дозиметријских метода и имају како научни тако и практичан допринос.

Оваква реализација резервоара није раније забележена у литератури и оригиналност доприноса кандидата је потврђена објављивањем два рада у међународним часописима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У току израде дисертације, кандидат је користио релевантну и актуелну научну литературу из уже научне области, претежно новијег датума, коју чини 179 библиографских референци. Литература укључује и публиковане резултате кандидата које су проистекле током научно-истраживачког рада на дисертацији.

Цитирана литература обухвата различите типове публикација које су претежно везане за тематске области фундаменталне дозиметрије и заштите од зрачења, дејство зрачења на очно сочиво, рачунарску дозиметрију, реализацију мониторинга изложених радника и заштиту од зрачења у интервентним процедурама. Списак литературе такође обухвата и 2

публикације категорије M20 на којима је кандидат први аутор, а које су проистекле из научно-истраживачког рада на дисертацији. Бројност и квалитет библиографских референци на крају дисертације указује на темељно проучавање различитих аспеката теме дисертације и њеног општег контекста, за шта је неопходно разумевање великог броја различитих фундаменталних концепата и изузетна упућеност у разноврсна истраживања спроведена у оквиру научне области која је обрађена у дисертацији.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања спроведеног у оквиру предложене докторске дисертације је обухватала следеће фазе:

- У првој фази, прикупљени су подаци о учесталости интервентних процедура, особљу ангажованом током процедура и других релевантних фактора за процену доза: позиције и улоге особља у сали за интервентне процедуре, параметри експозиције (оријентација С-лука, високи напон, јачина струје, време просветљавања) и употреба личних и колективних заштитних средстава;
- Реализовано је мерење јачине амбијенталног дозног еквивалента у салама за интервентне процедуре у болницама и клиничким центрима користећи еталонирана мерила амбијенталног еквивалента дозе;
- Развијен је одговарајући геометријски модел за Монте Карло симулације. Реализоване су Монте Карло симулације користећи податке о клиничкој пракси прикупљене у првој фази;
- Варијацијом модела симулације, одређен је оптималан положај личног дозиметра за цело тело, и то онај који даје најбољу процену дозе за оба очна сочива а посебно за доминантно изложено очно сочиво. У склопу симулација, дефинисани су конверзионни коефицијенти којима се описију разлике у геометријском положају дозиметра за цело тело и дозиметра за очно сочиво;
- Варијацијом модела симулација, одређени су коефицијенти који описују заштитну моћ свих могућих комбинација примене личних и колективних заштитних средстава применом Монте Карло симулација;
- У трећој фази, анализирани су резултати остварени у првој и другој фази, у смислу верификације израчунатих вредности конверзионних фактора на основу резултата експерименталне дозиметрије;
- На основу остварених резултата, извршена је анализа процене дозе за очно сочиво применом конверзионних коефицијената и поређење са резултатима мерења амбијенталног дозног еквивалента и резултатима дозиметрије у клиничким условима;
- Извршена је и анализа мерне несигурности добијених конверзионних коефицијената и нивоа доза за очно сочиво и утврђен степен универзалности примене добијених конверзионних коефицијената.

Примењена методологија у потпуности одговара стандардима научно-истраживачког рада у области дозиметрије и заштите од јонизујућих зрачења и усклађена је са циљевима истраживања дефинисаним на почетку израде докторске дисертације.

3.4. Применљивост остварених резултата

У посматраној докторској дисертацији развијен је оригиналан геометријски модел за Монте Карло симулације, сходно условима типичним за клиничку праксу у интервеним кардиолошким и кардиолошким процедурама, реализоване су Монте Карло симулације користећи податке о клиничкој пракси, одређен је оптималан положај личног дозиметра за

цело тело, и то онај који даје најбољу процену дозе за оба очна сочива а посебно за доминантно изложено очно сочиво, дефинисани су конверзиони коефицијенти којима се описују разлике у геометријском положају дозиметра за цело тело и дозиметра за очно сочиво и одређени коефицијенти који описују заштитну моћ свих могућих комбинација примене личних и колективних заштитних средстава у интервентним процедурама у радиологији и кардиологији.

Сходно наведеном, у овој дисертацији, приказано је ново решење за индивидуални мониторинг за очно сочиво у интервентним процедурама у радиологији и кардиологији, заснован на конверзији дозе за цело тело одређене дозиметром еталонираним у оперативној величини $H_p(10)$ и позиционираним преко заштите кецељу, у дозу за очно сочиво.

Клиничка заснованост приказаних истраживања показала је да се резултати ове дисертације могу директно применити у пракси за процену излагања изложених радника, унапређење тачности мерења индивидуалних доза и за побољшање заштите од зрачења путем оптималног одабира комбинације личних и колективних заштитних средстава.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је током израде дисертације показао аналитичан и систематичан приступ разматрању актуелног статуса области истраживања, који је довео до идентификовања могућности за унапређење постојећих метода и техника у дозиметрији и заштити од зрачења.

Кандидат је током израде докторске дисертације показао способност да препозна проблеме из релевантне области и да на креативан и систематичан начин организује и спроведе истраживања која дају задовољавајуће одговоре на постављене изазове. Доприноси дисертације су оригинални и савремени и потврђују способност кандидата за самосталан научно-истраживачки рад. Такође, кандидат је уочио и предложио правац даљих истраживања. Сходно томе, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на питања дефинисана на почетку израде ове дисертације.

Област истраживања којом се бави дисертација кандидата је мултидисциплинарна и захтева широка знања која обухватају области електротехнике, радијационе физике и радиологије, односно радиолошких технологија у медицини. Кандидат је показао да добро влада фундаменталним принципима из ових области и њиховим комбиновањем у сврху решавања савремених истраживачких питања и проблема. Кандидат је аутор или коаутор 7 радова у часописима са SCI листе и једног поглавља у монографији као и неколико саопштења на домаћим и међународним конференцијама. Тиме је показао способност за дисеминацију и презентовање резултата истраживања, али и за учешће у организацији активности које су од значаја за академску заједницу.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Очекивани научни допринос докторске дисертације огледа се у следећем:

- Истраживање је резултовало новим, верификованим методама за тачно и ефикасно одређивање дозе за очно сочиво у клиничким условима;
- Резултати директно омогућавају имплементацију оптимизација заштите од зрачења за особље у интервентној радиологији и кардиологији, правилним избором и адекватном применом колективних и личних заштитних средстава;

- Резултати садрже анализу утицаја релевантних фактора на излагање особља у интервеним радиолошким и кардиолошким процедурама, као што су геометријске карактеристике рендген-апарата и положаја особља у односу на извор зрачења на процењену вредност дозе за очно сочиво, чиме је омогућено планирање активности тако да ниво излагања за професионално изложена лица буде што је могуће мањи;
- Резултати су омогућили успостављање елегантне процедуре за мониторинг дозе за очно сочиво на практичан и применљив начин, на основу оптималног броја дозиметара које медицинско особље. Резултати овакве дозиметријске поставке омогућавају ефикасну дозиметрију за потребе епидемиологије, оптимизације заштите од зрачења и верификацију усаглашености са регулаторним нивоима дозе у релативно компликованом радном окружењу.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

На основу увида у полазне претпоставке, постављене циљеве истраживања и остварене резултате кандидата, констатујемо да је кандидат са успехом одговорио на релевантне истраживачке проблеме у оквиру теме дисертације. Развијен је одговарајући геометријски модел за Монте Карло симулације и реализоване Монте Карло симулације користећи податке о клиничкој пракси. Варијацијом модела симулације, одређен је оптималан положај личног дозиметра за цело тело, и то онај који даје најбољу процену дозе за оба очна сочива а посебно за доминантно изложено очно сочиво. Поред наведеног, дефинисани су конверзиони коефицијенти којима се описију разлике у геометријском положају дозиметра за цело тело и дозиметра за очно сочиво. Варијацијом модела симулација, одређени су коефицијенти који описују заштитну моћ свих могућих комбинација примене личних и колективних заштитних средстава применом Монте Карло симулација.

Резултати кандидата демонстрирају могућности за робусну дозиметрију изложених радника у клиничким условима, карактеристичним за методе интервентне радиологије и кардиологије, унапређење тачности и поузданости дозиметрије неопходне за епидемиолошка истраживања, као и бољу контролу дозе и заштиту до зрачења у клиничкој пракси. Истраживања изложена у овој дисертацији изнедрила су нове, релевантне резултате који представљају значајан допринос клиничкој дозиметрији у интервентним радиолошким и кардиолошким процедурама. Уз практична будућа побољшања, боље улазне податке и проширење спектра потенцијалних клиничких процедура, резултати дисертације имају перспективу за примену и великом броју радиолошких и другим медицинских процедура вођених флуороскопијом.

Квалитет остварених резултата је верификован публикавањем радова у међународним часописима и препознавањем значаја доприноса од стране научне заједнице.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни доприноси приказани у докторској дисертацији верификовани су у следећим публикованим радовима:

M23 - Међународни часопис

1. **Božovic P**, Ciraj-Bjelac O, Petrovic JS. Occupational eye lens dose estimated using whole-body dosimeter in interventional cardiology and radiology: a Monte Carlo study. *Radiat Prot Dosimetry*. 2019 Jan 9. doi: 10.1093/rpd/ncy283.
2. **Božovic P**, Ciraj-Bjelac O, Petrovic JS, Arandić D, ceklić, S. Utilizing Monte Carlo simulations in estimation of occupational eye lens dose based on whole body dosimeter in interventional cardiology and radiology. *Nuclear Technology and Radiation Protection* 2018 Volume 33, Issue 4, Pages: 375-379 <https://doi.org/10.2298/NTRP180730005B>.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата Предраг Божовића, мастер инж. електротехнике и рачунарства, под насловом „**Процена дозе за очно сочиво у интервентним процедурама на основу дозиметра за цело тело применом метода експерименталне и рачунарске дозиметрије**“ представља савремени научни допринос у области Електротехнике и рачунарства, тј. уже научне области Нуклеарне технике.

Текст дисертације је написан јасно и разумљиво, са добром организацијом структуре садржаја. Циљеви дисертације су прецизно формулисани и дефинисани, а публиковани резултати су потврдили испуњеност тих циљева, чиме је кандидат показао способност за самостални научни рад. Објављени резултати у међународним часописима потврђују актуелност теме дисертације и отварају нове могућности за примену добијених резултата у пракси.

У овој тези, приказано је ново решење за индивидуални мониторинг за очно сочиво у интервентним процедурама у радиологији и кардиологији, заснован на конверзији дозе за цело тело одређене дозиметром еталонираним у оперативној дозиметријској величини $H_p(10)$ који се рутински користи у индивидуалном мониторингу. Приказани резултати на елегантан начин решавају проблем индивидуалног мониторинга за очно сочиво који је тренутно један од значајних изазова у области заштите од јонизујућих зрачења.

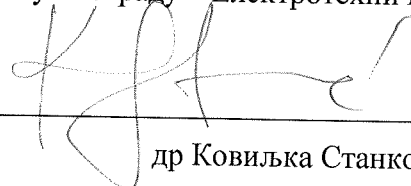
Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Предрага Божовића испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све критеријуме који се примењују приликом вредновања докторске дисертације на Универзитету у Београду и на Електротехничком факултету. Узимајући у обзир све остварене резултате и оригинални научни допринос, Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација **Предрага Божовића** под насловом „**Процена дозе за очно сочиво у интервентним процедурама на основу дозиметра за цело тело применом метода експерименталне и рачунарске дозиметрије**“ изложи на увид јавности, прихвати и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду, као и да се кандидату одобри јавна усмена одбрана.

У Београду, 29.10.2020.

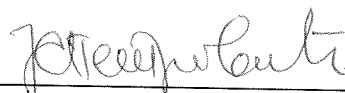
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



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



др Ковиљка Станковић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Јелена Станковић Петровић, научни сарадник
Универзитет у Београду – Институт за нуклеарне науке „Винча“