

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ
и
ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

На седници Већа за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу одржаној 26.9.2025. године (број одлуке: IV-01-522/7) одређени смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом: **„Примена Монте Карло програма FOTELP и MCNP за симулације транспорта јонизујућих честица у радиоекологији и медицини”**, кандидата Милене Живковић, студента докторских академских студија Физике, за коју је именован ментор проф. др Драгана Крстић, редовни професор Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.

На основу података којима располажемо достављамо следећи:

ИЗВЕШТАЈ
О ОЦЕНИ УРАЂЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

1. Подаци о докторској дисертацији
1.1. Наслов докторске дисертације:
„Примена Монте Карло програма FOTELP и MCNP за симулације транспорта јонизујућих честица у радиоекологији и медицини“
1.2. Опис докторске дисертације (навести кратак садржај са назнаком броја страница, поглавља, слика, шема, графикона, једначина и референци) (до 500 карактера):
Докторска дисертација Милене П. Живковић написана је на 143 странице и садржи 43 слике, 23 табеле и 223 референци. Састоји се из следећих поглавља: Апстракт, Општа разматрања, Експериментални део, Резултати и дискусија, Закључак, Литература, Прилог и Биографија. Текст дисертације је технички исправан и у складу са Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације. Дисертација је из научне области Физика, ужа научна област Радијациона физика.
1.3. Опис предмета истраживања (до 500 карактера):
Предмет истраживања ове докторске дисертације је примена Монте Карло метода у унапређењу радиотерапије и процени радиоеколошког ризика. Истраживање обухвата развој и примену програма FOTELP-VOX-OA за моделовање расподеле дозе зрачења приликом терапије различитих тумора, као и примену софтвера MCNP 6.2 за симулацију спољашњег озрачивања и одређивање конверзионих коефицијената за појединачне органе и ефективне дозе на основу експерименталних података о вертикалној расподели ^{137}Cs .

1.4.Анализа испуњености полазних хипотеза:

Основна хипотеза усмерена је на примену Монте Карло метода као поузданог приступа за симулацију транспорта зрачења и расподеле дозе у медицинским и радиоеколошким условима. Анализа испуњености постављених хипотеза показала је да су све у потпуности потврђене резултатима симулација, експерименталних мерења и развоја софтверских алата. Резултати добијени помоћу FOTELP и MCNP софтвера показали су добру сагласност са експерименталним вредностима и клиничким техникама, што потврђује њихову применљивост у различитим сценаријима озрачивања. Модификовани FOTELP-VOX код омогућио је прецизно тродимензионално моделовање дозних расподела у сложеним анатомским структурама за различите типове тумора (меланом ока, рак дојке и туморе пљувачних жлезда), чиме је потврђена хипотеза о могућности персонализованог планирања терапије. Поред тога, Монте Карло моделовањем спољашњег озрачивања успешно су одређени конверзиони коефицијенти за извор ^{137}Cs у земљишту, у сагласности са експерименталним подацима. Графички интерфејс отвореног кода показао се као ефикасан и практичан алат за процену доза за различите хуманоидне фантоме, што додатно потврђује применљивост и релевантност спроведених истраживања.

1.5.Анализа примењених метода истраживања:

Методологија истраживања заснива се на примени Монте Карло техника за симулацију транспорта зрачења у медицини и радиоекологији. У медицинском делу истраживања коришћени су програми FOTELP-VOX, FOTELP-VOX-OA за моделовање расподеле дозе у анатомским структурама и планирање радиотерапијских поступака. Симулације су обухватиле више клиничких сценарија, као што су меланом ока, рак дојке и тумори пљувачних жлезда, а добијени резултати су верификовани поређењем са VMA терапијом и другим техникама у радиотерапији. У оквиру радиоеколошког дела истраживања, примењене су Монте Карло симулације помоћу софтвера MCNP (верзија 6.2) за спољашње озрачивање услед присуства ^{137}Cs у земљишту, на основу експерименталних података о вертикалној расподели овог радионуклида. За израчунавање конверзионих коефицијената и ефективне дозе коришћени су ICRP воксел и ORNL фантом.

1.6.Анализа испуњености циља истраживања:

Имајући у виду да одређивање расподеле дозе и процена радијационог ризика представљају кључне изазове савремене медицинске физике и радиоекологије, основни циљеви ове докторске дисертације били су усмерени на развој и примену Монте Карло метода у обе области. Комисија сматра да су постављени циљеви докторске дисертације у потпуности остварени, што потврђују развијени софтверски алати (FOTELP-VOX 2024 и FOTELP-VOX-OA), успешно спроведене симулације и добијени резултати који представљају значајан научни и практични допринос у области медицинске физике, радиотерапије и радиоекологије.

1.7.Анализа добијених резултата истраживања и списак објављених научних радова кандидата из докторске дисертације (аутори, наслов рада, назив часописа, волумен, година објављивања, странице од-до, DOI број¹, категорија):

Резултати истраживања спроведених у оквиру докторске дисертације дали су значајан допринос у области медицинске и радијационе физике, са посебним нагласком на примену Монте Карло метода у планирању радиотерапије и процени радиоеколошког ризика. Развијени су и унапређени софтверски алати који омогућавају тродимензионално одређивање расподеле дозе у различитим анатомским структурама и сценаријима радиотерапије. Посебно је значајно што је примена генетског алгорита омогућила оптимизацију уз смањење броја мануелних итерација, чиме је омогућено персонализовано планирање терапије уз смањење дозе у здравим ткивима. Овим резултатима дат је значајан допринос унапређењу радиотерапијских процедура, са потенцијалом примене у клиничкој пракси и обуци стручњака.

¹ Уколико публикација нема DOI број уписати ISSN и ISBN

У радиоеколошком делу одређени су конверзионни коефицијенти еквивалентне дозе у појединим органима људског тела, као и ефективна доза од цезијума-137 из тла, као извора зрачења. Израчунавањем конверзионних коефицијената за различите фантоме (ICRP и ORNL), на основу експериментално измерене активности ^{137}Cs , добијен је користан алат у области дозиметрије зрачења за земљиште контаминирано ^{137}Cs . Ови резултати представљају важан корак ка унапређењу процене ризика по здравље у различитим ситуацијама озрачивања.

Резултате представљене у докторској дисертацији, Милена П. Живковић публиковала је у међународним научним часописима, два категорије M21a, један категорије M21 и два категорије M22:

1. Živković, M. P., Miladinović, T. B., Miladinović, A. M., Molnar, U. J., & Krstić, D. Ž. (2022). Absorbed dose distribution in human eye simulated by FOTELP-VOX code and verified by volumetric modulated arc therapy treatment plan. *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 37(1), 78–83. <https://doi.org/10.2298/NTRP2201078Z>, M22
2. Živković, M., Shahmohammadi Beni, M., Yu, P. K. N., Watabe, H., Krstić, D., & Nikezić, D. (2023). A dosimetric comparison between ICRP and ORNL phantoms from exposure to ^{137}Cs contaminated soil. *Radiation Physics and Chemistry*, 207, 110878. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2023.110878>, M21a
3. Živković, M., Miladinović, T. B., Krstić, D., Milosavljević, N., Živković Radojević, M., & Miladinović, A. (2023). Humerus absorbed dose in breast cancer postoperative radiotherapy: Simulation with FOTELP-VOX code and comparison with treatment planning system. *European Physical Journal Special Topics*, 232, 1549–1553. <https://doi.org/10.1140/epjs/s11734-023-00893-7>, M21
4. Živković, M. P., Miladinović, T. B., Čimbalijević, Ž. M., Aichouche, M. E. A., Pirković, B. A., & Krstić, D. Ž. (2024). FOTELP-VOX 2024: Comprehensive overview of its capabilities and applications. *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 39(3), 212–219. <https://doi.org/10.2298/NTRP2403212Z>, M22
5. Živković, M., Andrić, F., Svicević, M., Krstić, D., Krstić, L., Pirković, B., Miladinović, T., & El Amin Aichouche, M. (2025). FOTELP-VOX-OA: Enhancing radiotherapy planning precision with particle transport simulations and optimization algorithms. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 268, 108838. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2025.108838>, M21a

1.8. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области и анализа извештаја о провери докторске дисертације на плагијаризам (до 1000 карактера):

На основу правилника о поступку провере на плагијаризам на Универзитету у Крагујевцу дана 10.07.2025. године, извршена је провера на плагијаризам докторске дисертације кандидата Милене П. Живковић. У Извештају се наводи да је, софтвером којим је извршена провера оригиналности ове докторске дисертације, пронађено подударање текста у износу од 2%. Овај степен подударности искључиво је последица цитата, библиографских података о коришћеној литератури, општих термина и података и претходно публикованих резултата који су проистекли из теме докторске дисертације, а уредно су цитирани у складу са академским правилима. Увидом у публиковане научне радове докторанда Милене П. Живковић, изјављујемо да је ова докторска дисертација оригинално научно дело и представља резултат рада кандидата.

1.9. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области:

Значај и допринос ове докторске дисертације огледају се у интеграцији напредних Монте Карло метода са савременим техникама планирања радиотерапије и радиоекколошких процена, чиме се одговара на актуелне изазове у медицинској и радијационој физици. У области радиотерапије, развијени модели и софтверски алати омогућавају знатно прецизније тродимензионо моделовање дозних расподела, као и ефикаснију оптимизацију параметара терапије, што је у складу са светским трендом ка персонализованој медицини и смањењу нежељених ефеката терапије. Овакви приступи представљају значајан корак ка унапређењу клиничке праксе, посебно у третманима сложених анатомских региона и у случајевима када су класичне методе планирања недовољно прецизне.

Са радиоекколошког аспекта, дисертација даје допринос развоју метода за прецизнију процену спољашњег озрачивања услед контаминације земљишта радионуклидима, што је од посебног значаја у контексту процене дугорочног ризика по здравље и планирања мера заштите становништва. Комбинација експерименталних података и нумеричког моделовања представља савремен приступ који се све више примењује на међународном нивоу.

Овим резултатима дисертација се позиционира у оквиру актуелних научних токова и пружа јасне смернице за даља истраживања и практичну примену у области медицинске физике, радијационе заштите и радиоекологије.

1.10. Оцена испуњености услова за одбрану докторске дисертације у складу са студијским програмом, општим актом факултета и општим актом Универзитета (до 1000 карактера):

Докторска дисертација под насловом „Примена Монте Карло програма FOTELP и MCNP за симулације транспорта јонизујућих честица у радиоекологији и медицини“, кандидата Милене Живковић, реализована је под менторством проф. др Драгане Крстић, редовног професора Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу. Истраживање обухвата развој и примену напредних Монте Карло техника у области медицинске физике и радиоекологије, са циљем унапређења одређивања доза, оптимизације терапијских процедура и побољшања процене радијационог ризика.

У медицинском делу истраживања, развијени су и тестирани софтверски алати FOTELP-VOX и FOTELP-VOX-OA, који омогућавају тродимензионо моделовање расподеле дозе и увођење оптимизационих алгоритама у планирање радиотерапије, чиме се постиже већа ефикасност третмана уз минимизацију дозе у здравим ткивима. У радиоеколошком делу рада, примењен је Монте Карло софтвер MCNP за симулације спољашњег озрачивања услед присуства ^{137}Cs у земљишту, што омогућава прорачун доза и боље разумевање ризика по здравље становништва у контаминираним подручјима.

Квалитет и релевантност резултата истраживања потврђени су објављивањем радова у међународним научним часописима, укључујући публикације категорија M21a, M21 и M22. Списак објављених радова, као и позитиван извештај о провери оригиналности, сведоче о научној аутентичности и доприносу дисертације. На основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторских дисертација Универзитета у Крагујевцу и у складу са студијским програмом докторских академских студија Природно-математичког факултета у Крагујевцу, Комисија је утврдила да су испуњени сви научни, стручни и административни услови за одбрану докторске дисертације, и са задовољством предлаже Наставно-научном већу Природно-математичког факултета и Већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да прихвате Извештај и одобре одбрану ове дисертације.

2. ЗАКЉУЧАК

На основу анализе докторске дисертације и приложене документације Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом „Примена Монте Карло програма FOTELP и MCNP за симулације транспорта јонизујућих честица у радиоекологији и медицини”, кандидата **Милене Живковић**, предлаже надлежним стручним органима да се докторска дисертација прихвати и да се одобри њена одбрана.

Чланови комисије:


др Драгослав Никеџић, редовни професор у пензији

Државни Универзитет у Новом Пазару

Ужа научна област: Радијациона физика

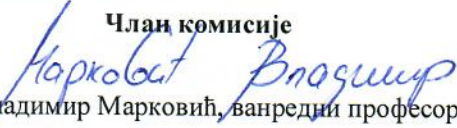
Председник комисије


др Душан Мрђа, редовни професор

Природно-математички факултет, Универзитет у
Новом Саду

Ужа научна област: Нуклеарна физика

Члан комисије


др Владимир Марковић, ванредни професор

Природно-математички факултет, Универзитет у
Крагујевцу

Ужа научна област: Радијациона физика

Члан комисије

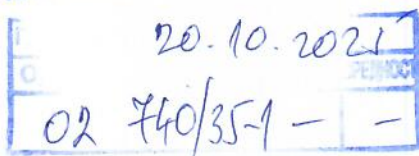
НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ
ВЕЋУ КАТЕДРЕ ИНСТИТУТА ЗА ФИЗИКУ ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ
ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Мишљење Шефа студија физике о Извештају комисије за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом „Примена Монте Карло програма FOTELP и MCNP за симулације транспорта јонизујућих честица у радиоекологији и медицини“ кандидата Милене Живковић, студента докторских академских студија на Институту за физику Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.

Поштовани,

Након увида у достављени писани материјал Извештаја, обавештавам вас да је Комисија сачинила Извештај у складу са текућим Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације на Природно-математичком факултету у Крагујевцу и Правилником о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, члан 19, на Обрасцу 6. У оквиру Обрасца, прва тачка, Подаци о докторској дисертацији, је детаљно образложена, након чега је у другој тачки, Закључак, Комисија дала предлог да дисертација буде прихваћена. У складу са тим, дајем позитивно мишљење на форму достављеног Извештаја.

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

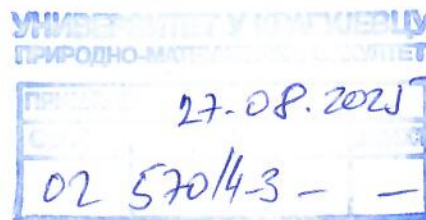


У Крагујевцу,
13.10.2025.

доц. др Момир Арсенијевић

Шеф студија физике

Природно-математички факултет
Универзитета у Крагујевцу



**ОЦЕНА МЕНТОРА О ИЗВЕШТАЈУ О ПРОВЕРИ ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ
ДИСЕРТАЦИЈЕ ОДНОСНО ДОКТОРСКОГ УМЕТНИЧКОГ ПРОЈЕКТА**

НАЗИВ ДИСЕРТАЦИЈЕ	ПРИМЕНА МОНТЕ КАРЛО ПРОГРАМА FOTELP И MCSNP ЗА СИМУЛАЦИЈЕ ТРАНСПОРТА ЈОНИЗУЈУЋИХ ЧЕСТИЦА У РАДИОЕКОЛОГИЈИ И МЕДИЦИНИ	
Кандидат	Милена П. Живковић	
Ментор	проф. др Драгана Ж. Крстић	
Коментор		
Датум пријема потпуног извештаја о провери оригиналности докторске дисертације, односно докторског уметничког пројекта	10.07.2025. године	

Укупни индекс подударности: 2%

- Монографија под насловом „Примена Монте Карло програма и фантома у дозиметрији”, Крстић и др., ПМФ Крагујевац (2023): 1%
- mfkgs.rs: 1%
- Чланак: Živković et al. A dosimetric comparison between ICRP and ORNL phantoms from exposure to ¹³⁷Cs contaminated soil, Radiation Physics and Chemistry, 207, 110878 (2023): 1%

1. Оригиналност рада

На основу укупног индекса подударности од 2% и природе утврђених поклапања, изјављујем да докторска дисертација представља резултат самосталног и оригиналног научног рада докторанда.

2. Поштовање академских правила

Приликом израде дисертације доследно су поштована академска правила цитирања и навођења извора. Сви делови текста и подаци преузети из монографије (Крстић и др., 2023) као и из чланка (Živković et al., 2023) правилно су означени у кореспондирајућим референцама, где је докторанд један од аутора.

3. Образложење утврђених подударања

Подударности су у укупном обиму веома ниске (2 %) и односе се на следеће елементе:

1. Технички опис разлике између ICRP и ORNL фантома

Пасус са текстом „...еквивалентне дозе мање код фантома...” потиче из монографије (Крстић и др., 2023), која је у дисертацији адекватно наведена као извор података за поређење доза у различитим типовима фантома.

2. Описи концентрација ¹³⁷Cs и проценат смањења ефективне дозе

Текст који се односи на варијацију ефективне дозе на различитим локацијама („смањење просечне ефективне дозе за 26,4%...”) такође је преузет из истог извора, монографија (Крстић и др., 2023) и правилно је цитиран.

Наведена понављања у докторској дисертацији представљају претходно публиковане резултате истраживања, где је кандидат један од аутора.

С обзиром на то да проценат подударности чине минорни делови текста који су коришћени у облику цитата (уз адекватно навођење референци), докторска дисертација представља оригинални научни допринос докторанда Милене П. Живковић.

Закључак

На основу свега наведеног, изјављујем да извештај указује на оригиналност докторске дисертације кандидата Милене П. Живковић, те се прописани поступак припреме за одбрану може наставити (**позитивна оцена**).

Датум

15.07.2025. године

ПОТПИС МЕНТОРА