

# **NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU FIZIČKOG FAKULTETA UNIVERZITETA U BEOGRADU**

Pošto smo na trećoj sednici Izbornog i Nastavno-naučnog veća Fizičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, održanoj 25.12.2024. godine, određeni za članove Komisije za referat o doktorskoj disertaciji kandidata Stevana Pecića, master fizičara, koji je predao doktorsku disertaciju pod naslovom „Kalibracija radiohromatskog filma zasnovana na gradijentnim radijacionim poljima“, podnosimo sledeći:

## **IZVEŠTAJ**

### **Osnovni podaci o kandidatu**

Stevan Pecić je rođen 27.08.1996. godine u Kraljevu. Završio je prirodno-matematički smer Gimnazije Vuk Karadžić u Trsteniku 2015. godine. Osnovne studije na Fizičkom fakultetu upisuje iste godine na smeru Primenjena i kompjuterska fizika, koje završava 2019. godine sa prosečnom ocenom 9,02. Master studije na istom smeru završio je 2020. godine sa prosečnom ocenom 10,00 i odbranio master rad „Monte Karlo dozimetrija i redukcija varijanse za rotaciono simetrične slučajeve" pod mentorstvom profesora dr. Miloša Vičića. Iste godine upisuje doktorske studije na Fizičkom fakultetu, uža naučna oblast Primenjena fizika, na kojima je položio sve ispite sa ocenom 10 (deset). Od aprila 2021. godine je na Fizičkom fakultetu zaposlen kao istraživač-pripravnik, a od 2019. godine učestvuje u nastavi na predmetima: Masena spektrometrija i fizika vakuuma, Osnovi elektronike, Automatsko upravljanje i Arhitektura računara i operativni sistemi.

### **Naučna aktivnost kandidata**

Stevan Pecić se bavi oblastima film dozimetrije i Monte Karlo simulacija radijacionog transporta. Do sada je kao prvi autor publikovao četiri rada objavljena u međunarodnim časopisima i jedno saopštenje sa međunarodne konferencije štampano u celini. Rezultate svojih istraživanja predstavio je usmenim izlaganjima na međunarodnoj konferenciji Balkanske Unije Fizičara 2022. godine u Beogradu, Prolećnom sastanku Nemačkog društva fizičara 2024. godine u Berlinu i nacionalnoj 21. Konferenciji mladih istraživača u nauci i inženjerstvu materijala 2023. godine u Beogradu.

### **Opis predate disertacije**

Doktorska disertacija kandidata Stevana Pecića, master fizičara, je napisana pod mentorstvom profesora dr. Ivana Belče. Tema disertacije pod nazivom „Kalibracija radiohromatskog filma zasnovana na gradijentnim radijacionim poljima" prihvaćena je na Kolegijumu doktorskih studija Fizičkog fakulteta održanom 05.07.2023. godine.

Na drugoj sednici Nastavno-naučnog veća Fizičkog fakulteta održanoj 13.12.2023. godine usvojen je Izveštaj Komisije za ocenu ispunjenosti uslova i opravdanost predložene teme za izradu disertacije i imenovan mentor za izradu iste.

Disertacija se sastoji od 73 strane (bez naslovne strane, zahvalnice, sažetaka, sadržaja i priloga). U tekstu disertacije, podeljenom na 4 poglavlja, nalazi se 49 slika i 5 tabela, a kao deo literature navedeno je 101 referenci.

### **Predmet i cilj disertacije**

Disertacija se bavi istraživanjem alternativnih metoda kalibracije radiohromatskog filma koje se temelje na upotrebi gradijentnih radijacionih polja. Radiohromatski filmovi su hemijski tip dozimetra koji se učestalo koristi u radioterapiji i radiološkoj dijagnostici za precizno i visokorezoluciono merenje dvodimenzionalne raspodele doze. Varijabilnost u procesu proizvodnje ovakvog filma stvara potrebu za kalibracijom svake serije pre merenja. Takva okolnost predstavlja izazov zbog potrebe za velikim brojem pojedinačnih ekspozicija i strogom konzistentnošću između kalibracije i konsekventnog merenja doze. Gradijentna polja omogućavaju generisanje širokog raspona vrednosti doze unutar jedne ekspozicije, čime se proces kalibracije značajno ubrzava i pojednostavljuje. Predmet istraživanja ove disertacije uključuje i analizu različitih faktora koji utiču na preciznost i tačnost ovakvog pristupa. Eksperimentalne okolnosti ovakvog pristupa su takodje diskutovane u okviru disertacije, a posebna pažnja posvećena je optimizaciji metoda.

Glavni cilj disertacije je razvoj opšte metodologije i diskusija glavnih tema od interesa za kalibraciju radiohromatskog filma primenom gradijenata apsorbovane doze. Razvijena metodologija je osmišljena tako da bude prilagodljiva kliničkim uslovima, omogućavajući jednostavniju i potencijalno automatizovanu kontrolu kvaliteta i merenja doze. Poseban naglasak stavljen je na analizu prostorne rezolucije i artefakata lateralnog odziva, kao i na razradu pristupa za minimizaciju njihovog uticaja na tačnost merenja.

### **Pregled naučnih rezultata izloženih u disertaciji**

Disertacija obuhvata dva publikovana rada. U njima predstavljeni rezultati konceptualno zaokružuju analizu kalibracije klinastim filterom, doprinoseći disertaciji kroz eksperimentalnu validaciju najprostijim slučajem gradijenta, numeričku optimizaciju i praktičnu primenu u dozimetriji radioterapije. Polazeći od tipičnog gradijentnog radijacionog polja, metoda se dalje razvija u opšti slučaj.

Prvi rad fokusirao se na razvoj pouzdane metode za kalibraciju radiohromatskog filma korišćenjem gradijenata doze generisanih fizičkim klinastim filterom. Metod je pokazao da je jedna traka filma, koja registruje profil doze klinastog polja, dovoljna za generisanje krive kalibracije uporedive po tačnosti sa standardnom metodom kalibracije ujednačenim poljima doze. Studija je pokazala da se kalibracija klinastim filterom može proširiti korišćenjem više

gradijenata kako bi se optimalno pokrio željeni raspon doza. Dodatno, jednom kada se odrede profil doze i koeficijent slabljenja na centralnoj osi klinastog filtera, oni mogu služiti kao referenca za kalibraciju različitih tipova i serija filmova. Ovaj rad je potvrdio da je metoda kalibracije klinastim filterom efikasna, reproducibilna i pogodna za primenu u radioterapijskim centrima, dok ostaje u granicama merne nesigurnosti konvencionalne metode kalibracije.

Druga studija proširila je pristup optimizacijom pozicioniranja gradijenata kako bi se obezbedila ravnomerna distribucija kalibracionih tačaka i efikasna upotreba materijala. Analiziran je uticaj veličine polja, dubine i energije na dinamički opseg gradijenata doze, a razvijen je i algoritam za optimizaciju broja i rasporeda ekspozicija. Rezultati su pokazali da se najravnomernija distribucija doza postiže sa sedam ekspozicija za raspon od jednog do deset greja i osam ekspozicija za raspon od jednog do dvadeset greja. Optimizovano pozicioniranje gradijenata je dalo okvire za unapredjenje procesa kalibracije u kliničkom okruženju.

Opisana metodologija pokazuje značajan potencijal za primenu u kliničkoj praksi, posebno u kontrolama kvaliteta u radioterapiji. Automatizacija i standardizacija procesa kalibracije omogućavaju efikasniju upotrebu resursa, kao i povećanje pouzdanosti merenja doze. Rezultati disertacije otvaraju mogućnosti za dalji razvoj u pravcu prilagođavanja metodologije za konkretne eksperimentalne uslove i njenog uvođenja u dozimetrijske protokole.

## **Spisak publikacija**

Spisak publikacija iskorišćenih za izradu doktorske disertacije:

1. Pecić, S., Belča, I., Stojadinović, S., Nidžović, B., Vičić, M., & Dević, S. (2024). Dynamic range and optimization strategies for radiochromic film calibration using gradient radiation fields. *Journal of Applied Clinical Medical Physics*. <https://doi.org/10.1002/acm2.14481>
2. Pecić, S., Vičić, M., Belča, I., Stojadinović, S., Nidžović, B., Kurij, L., & Dević, S. (2023). Physical wedge as a tool for radiochromic film calibration. *Zeitschrift für Medizinische Physik*. <https://doi.org/10.1016/j.zemedi.2023.05.008>

Spisak ostalih publikacija:

1. Pecić, S., Dević, S., Belča, I., Mošić, M., Kurij, L., Nidžović, B., & Stojadinović, S. (2025). Spectral characterization and comparison of EBT3, EBT4, and EBT-XD radiochromic films. *Physics in Medicine & Biology*, 70(1), 015013. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/ad9f1b>
2. Pecić, S., Vičić, M., Kurij, L., Belča, I., Stojadinović, S., & Dević, S. (2024). Spectroscopic parametrization of dose-dependent changes in EBT3 film. *Radiation Physics and Chemistry*, 223, 111893. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2024.111893>

3. Pecić, S., Kurić, L., & Vičić, M. (2024). Phase plane rotation as variance reduction method in Monte Carlo simulations of axial-symmetric radiation sources. *Proceedings of Science*, 427, 231. <https://doi.org/10.22323/1.427.0231>

### **Zaključak**

Na osnovu izloženog, Komisija zaključuje da kandidat Stevan Pecić svojom doktorskom disertacijom pod nazivom „Kalibracija radiohromatskog filma zasnovana na gradijentnim radijacionim poljima" daje značajan doprinos oblasti primenjene fizike. Na osnovu navedenog, Komisija

### **PREDLAŽE**

Nastavno-naučnom veću Fizičkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da kandidatu Stevanu Peciću odobri javnu odbranu doktorske disertacije.

U Beogradu, 15.01.2025.

---

Dr. Rastko Vasilić, redovni profesor  
Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu

---

Dr. Zoran Nikolić, redovni profesor  
Fizički fakultet Univerziteta u Beogradu

---

Dr. Nebojša Milošević, redovni profesor  
Medicinski fakultet Univerziteta u Beogradu