

UNIVERZITET CRNE GORE

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta

Predmet: Izvještaj Komisije za ocjenu podobnosti teme magistarskog rada kandidata Tomislava Anđelića

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta, na sjednici održanoj 10. 03. 2020. godine, donijelo je *Odluku o imenovanju mentora i komisije za ocjenu podobnosti teme i kandidata* (Odluka br. od 10. 03. 2020. godine) za temu magistarskog rada pod nazivom "Gama spektrometrijsko određivanje radionuklida u vazduhu – metoda sa prevođenjem filtera za vazduh od staklenih vlakana u tečno stanje" kandidata Tomislava Anđelića, u sastavu: prof. dr Perko Vukotić – mentor, prof. dr Nataša Raičević i prof. dr Slobodan Jovanović – članovi.

Na osnovu uvida u dokumentaciju, a u skladu sa članom 24 *Pravila studiranja na postdiplomskim studijama* na Univerzitetu Crne Gore, Komisija podnosi Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta sljedeći

IZVJEŠTAJ

Tomislav Anđelić, diplomirani fizičar, prijavio je temu magistarskog rada pod nazivom "Gama spektrometrijsko određivanje radionuklida u vazduhu – metoda sa prevođenjem filtera za vazduh od staklenih vlakana u tečno stanje". Tema pripada oblasti nuklearne fizike, za koju je matičan Prirodno-matematički fakultet. Dokumenta podnesena za prijavu sadrže biografiju kandidata i prijavu magistarskog rada u kojoj je ukratko razrađena tema magistarskog rada kroz elemente navedene u članu 23 *Pravila studiranja na postdiplomskim studijama*.

Podaci o kandidatu

Tomislav Anđelić je rođen 1964. godine u Bijelom Polju. Diplomirao je Fiziku na Prirodno-matematičkom fakultetu u Podgorici 1991. godine, gdje je 2019. godine završio i magistarske studije na studijskom programu Fizika.

Nakon diplomiranja zaposlio se u Kliničko-bolničkom centru Crne Gore, u Podgorici, kao fizičar u Odjeljenju za radioterapiju i nuklearnu medicinu, a 1998. godine prelazi u Centar za ekotoksikološka istraživanja, u Podgorici, gdje je i danas na radnom mjestu šefa Jedinice za analitiku radionuklida.

Stručno se usavršavao u oblastima radioterapije, rukovanja izvorima jonizujućih zračenja i gama spektrometrije kroz 10 specijalističkih obuka, od kojih je većina bila u inostranstvu i u organizaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju. Ima i 10 publikovanih stručnih radova.

Učestvovao je kao saradnik u 10 naučno-istraživačkih projekata. Koautor je na 5 naučnih radova u časopisima sa SCI i SCIE liste, na 2 rada u drugim naučnim časopisima i 32 rada u

zbornicima radova naučnih konferencija međunarodnog i nacionalnog značaja. Ima i 11 saopštenja na konferencijama publikovanih u vidu izvoda.

Predmet istraživanja i aktuelnost predložene teme

Predmet istraživanja u okviru planiranog magistarskog rada je ispitivanje mogućnosti povećanja tačnosti metode gama-spektrometrijskog određivanja sadržaja radionuklida u atmosferskom vazduhu uzorkovanom prisisavanjem na filteru od staklenih vlakana.

Monitoring radioaktivnosti u životnoj sredini je zakonska obaveza, a gama-spektrometrijsko određivanje sadržaja radionuklida u atmosferskom vazduhu je jedan od ključnih elemenata tog monitoringa. Osnovni zahtjev za dobijanje tačnih rezultata određivanja niskih koncentracija radionuklida u vazduhu relativnom metodom gama spektrometrije je što veća sličnost analitičkog uzorka sa kalibracionim standardom u pogledu geometrije, hemijskog sastava i gustine. Dok se taj zahtjev lako rješava kod celuloznih filtera njihovim sagorijevanjem, teškoće se javljaju pri korišćenju filtera od staklenih vlakana, poželjnijih od celuloznih zbog veće efikasnosti zadržavanja radionuklida iz vazduha. Zbog nemogućnosti spaljivanja filtera od staklenih vlakana, u laboratorijskoj praksi monitoringa radioaktivnosti vazduha kod nas i u svijetu uobičajeno je da se analitički uzorak priprema njegovim presovanjem do geometrijskog oblika koji odgovara kalibracionom standardu. Međutim, takav postupak ne obezbjeđuje homogenost uzorka i sličnost standardu po hemijskom sastavu i gustini, što dovodi do smanjenja tačnosti gama-spektrometrijske analize ukoliko se ne bi radile komplikovane korekcije očitavanja iz snimljenih spektara. Visoka sličnost analitičkog uzorka sa standardom, a time i veća tačnost određivanja sadržaja radionuklida u vazduhu može se postići jedino ako se nađe način za prevođenje filtera od staklenih vlakana u tečno stanje, što je i predmet istraživanja u ovom magistarskom radu.

Planirana istraživanja nijesu puka primjena postojeće standardne analitičke metode na neke nove uzorke, već se njima metoda gama spektrometrije uzoraka vazduha pokušava unaprijediti, tj. učiniti tačnijom, a takva eksperimentalna istraživanja su veoma neizvjesna i metodološki zahtjevnija, što se jasno vidi iz veoma razuđenog sadržaja petog poglavlja predloženog magistarskog rada. Istraživanja koja vode povećanju tačnosti analitičkih metoda, posebno onih koje imaju veoma široku primjenu u svijetu, uvijek su aktuelna i poželjna.

Cilj istraživanja i metode koje će se koristiti u radu

Osnovni cilj istraživanja u magistarskom radu je rješavanje problema homogenosti i gustine analitičkog uzorka koji se pravi od filtera za vazduh od staklenih vlakana za analizu relativnom metodom gama-spektrometrijske analize, kako bi on bio što sličniji kalibracionom standardu i time analiza davala tačnije rezultate koncentracija radionuklida u vazduhu.

Očekuje se da je ovaj cilj moguće ostvariti prevođenjem filtera za vazduh od staklenih vlakana u tečno stanje, uz prethodni odgovarajući hemijski tretman i razgradnju filtera u mikrotalasnoj peći, što bi bilo novina u praksi gama spektrometrije uzoraka vazduha. Nakon toga neophodno je dokazati da je distribucija radionuklida u tako pripremljenom analitičkom uzorku vremenski stabilna. Konačno, u magistarskom radu treba uraditi validaciju te nove metode gama

spektrometrije i pokazati da ona obezbjeđuje veću tačnost analize radionuklida u vazduhu od uobičajene metode sa uzorkom dobijenim presovanjem filtera.

Planirana istraživanja su eksperimentalna, a za njihovu realizaciju koristiće se standardne metode za određivanje koncentracija aktivnosti radionuklida i oprema Centra za ekotoksikološka ispitivanja.

Za uzorkovanje vazduha koristiće se pumpa za vazduh koja omogućava podešavanje i kontrolu protoka vazduha, kao i višeslojni filteri od staklenih vlakana specijalno namijenjeni za monitoring radionuklida u vazduhu u životnoj i radnoj sredini. Filteri će nakon uzorkovanja vazduha biti tretirani odgovarajućim kisjelinama, a zatim razgrađivani u teflonskim posudama u mikrotalasnoj peći. Ključna analitička metoda koja će se koristiti u istraživanjima biće relativna metoda spektrometrije gama zračenja. Analize uzoraka će se obavljati na ORTEC-ovim sistemima za gama spektrometriju, sa poluprovodničkim detektorima visoke rezolucije u niskofonskoj zaštiti. Kalibracija energije i efikasnosti spektrometara radiće se korišćenjem kalibracionih standarda proizvođača Czech Metrology Institute, čime se obezbjeđuje sledljivost kalibracije i cjelokupnog analitičkog postupka. Za analizu gama spektara biće korišćen softver GammaVision. Kod uzoraka pripremljenih presovanjem filtera od staklenih vlakana do standardne geometrije, kvantitativna analiza radionuklida zahtijevaće određeni broj korekcija, prije svega efekata atenuacije fotona, koje će se raditi korišćenjem softvera ANGLE i (M)EFFTRAN, validovanih kroz brojna nezavisna istraživanja.

Struktura magistarskog rada

Magistarski rad će imati Uvod i sedam poglavlja, kao i spisak korišćene literature na kraju.

U uvodu će se ukratko opisati tema istraživanja, ukazati na njen značaj i aktuelnost, dati ciljevi istraživanja i kratak sadržaj po poglavljima. U prva dva poglavlja govoriće se o potrebi kontinuiranog mjerenja radioaktivnosti atmosferskog vazduha, o metodama mjerenja koje se koriste u svijetu i kod nas, o registraciji i u Crnoj Gori dva slučaja kontaminacije atmosferskog vazduha usljed dalekih nuklearnih akcidenata, kao i o načinima uzorkovanja vazduha na filterima i pripremi analitičkih uzoraka za gama spektrometriju. U trećem poglavlju biće prikazani gama spektrometri i standardi u Centru za ekotoksikološka ispitivanja, sa kojima će se raditi planirana istraživanja. Ukazaće se i na metodološke probleme gama spektrometrije uzoraka vazduha sakupljenih na filterima od staklenih vlakana i dati predlog za rješavanje problema u vezi sa homogenošću i gustom analitičkog uzorka. U sljedećem poglavlju biće opisan nov način pripreme analitičkog uzorka koji bi mogao da riješi te probleme.

Peto poglavlje je najvažnije i najzahtjevnije u magistarskom radu jer prikazuje razvoj metode gama spektrometrije uzoraka vazduha na filteru od staklenih vlakana koji je preveden u tačno stanje. Tu će biti opisano dobijanje analitičkog uzorka koji geometrijom, strukturom i gustom odgovara kalibracionom standardu sa miksom radionuklida, biće urađena spektrometrija blanka i spektrometrija uzoraka filtera od staklenih vlakana na koje je nanosena poznata aktivnost više radionuklida gama emitera i zatim validacija nove metode kroz određivanje stabilnosti distribucije radionuklida u tačnom uzorku, tačnosti, preciznosti i linearnosti metode i njenih granica detekcije radionuklida. I šesto poglavlje je posebno značajno jer treba da dokaže veću tačnost nove metode gama spektrometrije u odnosu na do sada praktikovanu metodu sa analitičkim uzorkom pripremljenim presovanjem filtera. To će se uraditi upoređivanjem rezultata

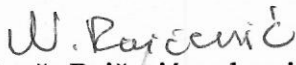
analize mjesečnog uzorka atmosferskog vazduha dobijenih primjenom te dvije metode. Završno, sedmo poglavlje sadržaće zaključna razmatranja rezultata obavljenih istraživanja.

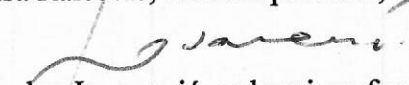
Zaključak i predlog

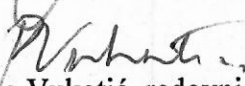
Na osnovu prethodno izloženog Komisija smatra da kandidat i predložena tema zadovoljavaju sve uslove propisane *Pravilima studiranja na postdiplomskim studijama* na Univerzitetu Crne Gore.

Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da kandidatu Tomislavu Anđeliću odobri izradu magistarskog rada pod nazivom "Gama spektrometrijsko određivanje radionuklida u vazduhu – metoda sa prevođenjem filtera za vazduh od staklenih vlakana u tečno stanje".

KOMISIJA:


dr Nataša Raičević, redovni profesor, član


dr Slobodan Jovanović, redovni profesor, član


dr Perko Vukotić, redovni profesor u penziji, mentor

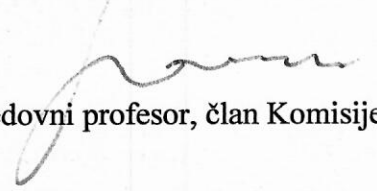
IZDVOJENA NAPOMENA S. JOVANOVIĆA

Ocjenjivač ovom napomenom ni na koji način ne želi da protivreči ili dovede u sumnju prethodno izneseno, uključujući afirmativni zaključak o podobnosti teme i kandidata. Međutim, iz pozicije nekog ko se duže od 40 godina aktivno i možda kreativno bavi gama spektrometrijom – a radi korektnosti prema tematici i gama spektrometrijskoj zajednici – ocjenjivač smatra za potrebno da naglasi bar dva aspekta koji prethodnim nisu obuhvaćeni dovoljno eksplicitno i detaljno, a koji su fundamentalni za podobnost teme: **aktuelnost i opravdanost**. Ovo sa ciljem da se tokom izrade magistarskog rada na njih obrati dužna pažnja i daju adekvatni odgovori. Ocjenjivač, dakle, ovim ujedno želi da dodatno ohrabri kandidata da istraje u radu na temi i da moguće teskoce u realizaciji doživi prije kao izazov za pregnuće nego nepremostivu prepreku.

- 1) Aktuelnost teme. Tema rada je jedno očekivano unapređenje relativne metode gama spektrometrije. Izvjesno je da će, ukoliko zacrtani cilj bude ostvaren, to biti nauci doprinos koji zadovoljava, vjerovatno i prevazilazi, nivo magistarskog rada. Međutim, utisak je ocjenjivača da taj cilj nije trivijalan i lako dostižan kako se iz Prijave teme može zaključiti. Naime, već 20-ak godina u gama spektrometriji apsolutno dominiraju polu-empirijske metode zasnovane na kombinaciji (1) vrlo elaboriranih softvera i (2) kvalitetnih kalibracionih izvora (standarda) koji predstavljaju sledljivu (sa regulatornog aspekta

obaveznu) eksperimentalnu osnovu. Relativna metoda je (uz dužno uvažavanje za pouzdanost rezultata kad se rigorozno primjenjuje) potisnuta i smatra se zastarelom i inferiornom (po više osnova čija bi elaboracija ovdje zauzela previše prostora) – **upravo zbog notornih problema vezanih za identičnost standarda i uzorka**, a u kojem pravcu je tema ovog rada orjentisana. Napori prema unapređivanju relativne metode se, dakle, najčešće ispostave nesvrishodnim i/ili neisplativim. U ovom konkretnom slučaju radi se o kompleksnom fizičko-hemijskom procesu prevođenja uzoraka – filtera za vazduh – iz čvrstog stanja (staklena vlakna) u tečno, pomoću mikrotalasnog (visoko-temperaturnog?) procesa, u prisustvu (ili naknadnim djelovanjem?) odgovarajućih hemikalija/kisjelina. Ovo jeste navedeno kao osnovni cilj i suština teme, ali u Prijavi nije dovoljno elaborirano. Upravo je **izbjegavanje** ovakvih situacija u laboratorijskoj praksi bilo glavni **pokretač razvoja (i naknadne dominacije) semi-empirijskih metoda**. Realno je očekivati da će se kandidat suočiti, između ostalog, s problemima nekontrolisanog gubitka radionuklida iz uzoraka prilikom pomenutog procesiranja, karakterističnim radiohemijskim ograničenjima i kontaminacijom skupocjene aparature. Unesene sistematske greške, kao što je u radiohemiji poznato, teško se mogu nadomjestiti onim što se dobija prevođenjem uzoraka u stanje i oblik koji su pogodni za primjenu relativne metode – naprotiv, po pravilu su veće. **Ovo je, dakle, nešto što se u gama spektrometriji, u principu, izbjegava, a ne čemu se teži.** Da bi tema bila aktuelna, kandidat, dakle, na kraju mora jasno pokazati da rad u ovom smislu predstavlja korak naprijed, a ne nazad.

- 2) Opravdanost teme. Predloženom metodom se, na prilično komplikovan i skup način (zahtijeva veliko angažovanje i posvećenost, kao i opremu koja je rijetko dostupna u laboratorijama za gama spektrometriju), namjerava doći do rezultata koji se u današnje vrijeme (u stvari, već dugo vremena) postižu jednostavnom upotrebom lako dostupnih softvera (bilo komercijalnih ili besplatnih) i kalibracionih izvora – i jedno i drugo kandidat, uostalom, i ima namjeru/potrebu da koristi u radu. Zato izgleda **prilično izvjesnim da bi se do istog cilja, uz manje sredsstva, moglo stići kraćim putem i brže.** Analiza filtera za vazduh (raznih tipova) je standardna procedura (brza, jeftina i na velikim brojevima uzoraka), koja se rutinski primjenjuje u monitoringu kako okoline nuklearnih objekata, tako i životne sredine uopšte, sve uz poštovanje regulatornih zahtjeva – jednostavno koristeći pomenute poluempirijske (softverske) modele koje dobavljači opreme obično isporučuju korisnicima u paketu s mjernom tehnikom. Radi se o stotinama ili hiljadama gama spektrometrijskih sistema u laboratorijama širom svijeta. **Tema će potvrditi opravdanost kad se pokaže da se tu (u postojećem stanju stvari) nešto može promijeniti na bolje – u smislu brzih, lakših, jeftinijih i pouzdanijih gama spektrometrijskih analiza.**


dr Slobodan Jovanović, redovni profesor, član Komisije