

UNIVERZITET CRNE GORE
PRIRODNO-MATEMATIČKI FAKULTET

Predmet: **Ocjena predložene teme master rada – magistrand Tamara Đurović**

Studentkinja master studija fizike **Tamara Đurović** podnijela je *Prijavu teme master rada* pod naslovom: „**Koncentracije aktivnosti radona-222 u vodi za piće u Crnoj Gori**”.

Vijeće Prirodno-matematičkog fakulteta, na sjednici održanoj 11. 5. 2023, imenovalo je mentora i komisiju za ocjenu predložene teme (Odluka br. 2023/01-837/1 od 15. 5. 2023).

Nakon pregleda *Prijave teme master rada*, Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta, Komisija podnosi

IZVJEŠTAJ

o temi „**Koncentracije aktivnosti radona-222 u vodi za piće u Crnoj Gori**”, koju je za master rad predložila **Tamara Đurović**.

Magistrand

Tamara Đurović, diplomirani fizičar, završila je osnovne studije fizike na Prirodno-matematičkom fakultetu u Podgorici. Zaposlena je u Ministarstvu ekologije, prostornog planiranja i urbanizma. Načelnica je Direkcije za vazduh, vodu i zemljište u Direktoratu za ekologiju i klimatske promjene. Na jednogodišnjim master studijama fizike na Prirodno-matematičkom fakultetu u Podgorici položila je sve predviđene predmete.

U skladu sa čl. 21 i 22 *Pravila studiranja na postdiplomskim studijama* (Bilteni UCG, br. 339 od 9. 3. 2015. i br. 479 od 2. 12. 2019), podnijela je prijavu navedene teme master rada, uz prethodne konsultacije sa predloženim mentorom.

OCJENA TEME

Predmet i ciljevi istraživanja

Predmet istraživanja su **koncentracije aktivnosti radioaktivnog gasa radona (Rn-222) u vodi gradskih vodovoda na teritoriji Crne Gore, kao i u vodi iz bunara sa teritorije Podgorice i njene okoline.**

Istraživanja radona, koji se javlja kao produkt raspada u prirodnom radioaktivnom nizu uranijuma-238, te je stoga u manjoj ili većoj koncentraciji prisutan u različitim sredinama (stijene, zemljište, vazduh, voda, građevinski materijal...), aktuelna su i važna iz dva suštinska razloga:

na svjetskom nivou, udisanje radona doprinosi skoro 50% ukupnoj dozi koju čovjek prima od svih prirodnih izvora zračenja;

udisanje radona drugi je po važnosti uzročnik kancera pluća (prema nalazima Svjetske zdravstvene organizacije).

Kad je riječ o radonu u vodi, uz dozu koja je uslovljena udisanjem radona koji izlazi iz vode, dodatnu dozu daje ingestija vode, kako je navedeno i u *Prijavi teme master rada*. Naglašava se značaj radiološki ispravne vode, i činjenica da su koncentracije aktivnosti radona u vodi za piće predmet smjernica i preporuka relevantnih međunarodnih organizacija, kao i važne i obavezujuće Direktive Savjeta Evropske unije 2013/51/EURATOM.

Imajući u vidu da su u Crnoj Gori već izvršena detaljna istraživanja koncentracija aktivnosti radona u vazduhu u zatvorenom prostoru, kao i da su određena istraživanja njegovih koncentracija u zemljištu Podgorice takođe izvršena, nedostaju cjelovita istraživanja radona u vodi za piće. Godišnjim *Programom sistematskog ispitivanja radioaktivnosti u životnoj sredini*, koncentracije aktivnosti radona mjere se u vodi iz javnih vodovoda u Podgorici, Nikšiću, Bijelom Polju i Baru. Stoga kandidatkinja definiše **glavni cilj** istraživanja kao: **utvrđivanje nivoa koncentracije radona u vodi za piće na cijeloj teritoriji Crne Gore**, uz dodatni cilj: „kompletiranje slike radijacione 'opterećenosti' stanovnika glavnog grada koja je uslovljena inhalacijom i ingestijom radona”, s obzirom na to da će ispitivati i **nivoe koncentracije radona u bunarskoj vodi sa teritorije Podgorice**. Dodatni ciljevi koji se odnose na procjene **doza zračenja kojima je čovjek izložen usljed ingestije radona kroz vodu za piće i doze zračenja kojima je čovjek izložen usljed inhalacije radona koji izlazi iz vode**, čine istraživanje još zahtjevnijim.

Komisija ocjenjuje da su i predmet i ciljevi ovog zahtjevnog istraživanja jasno definisani.

Istraživačka pitanja i hipoteze istraživanja

U *pregledu dosadašnjih istraživanja* kandidatkinja je posebnu pažnju posvetila mjerenju radona u vodi aktivnim radonskim detektorima, navodeći relevantnu literaturu. U skladu sa ciljevima istraživanja i pomenutom Direktivom Evropske unije, postavila je dva glavna pitanja: „**Da li je nivo koncentracije aktivnosti radona-222 u vodi za piće u Crnoj Gori ispod referentnih nivoa koje propisuje Evropska unija?**” i „**Koliku dozu zračenja prima stanovnik Crne Gore usljed prisustva radona-222 u vodi za piće?**”.

Polazne hipoteze istraživanja odnose se na koncentracije aktivnosti radona-222: u vodi iz česme u Crnoj Gori koju konzumira stanovništvo („znatno ispod 100 Bq/L”), u bunarskoj vodi u Podgorici i okolini („veća je nego u vodi iz česme, ali ne prelazi 100 Bq/L”); dok su preostale dvije hipoteze vezane za doze zračenja koje uzrokuje prisustvo radona u vodi za piće u Crnoj Gori (ne više „od 0.03 mSv godišnje”) i odnos doze od ingestije radona-222 kroz vodu iz česme i doze od udisanja radona-222 koji izlazi iz te vode (pretpostavka kandidatkinje je da je ova prva doza niža).

Metode istraživanja

Uz odgovarajuće početne teorijske analize, istraživanje podrazumijeva eksperimente u nekoliko faza, a u prvoj fazi predviđena su **testiranja uzorkovanja vode iz česme i vode iz bunara i probna mjerenja**. Naime, glavni uzrok greške pri mjerenju sadržaja radona u vodi najčešće je loša (nepravilna) tehnika uzorkovanja, a sam uzorak ne smije biti u kontaktu sa vazduhom i mora biti reprezentativan za ispitivanu vodu. Pritom, probna mjerenja treba da posluže rješavanju određenih složenosti koje se odnose na vrijeme između uzorkovanja i mjerenja, kao i na probleme tzv. zaostalog radona, prosušivanja, i sl. Tek nakon toga može uslijediti

najvažnija faza istraživanja – uzorkovanje vode iz česme u svim opštinama u Crnoj Gori i iz aktivnih bunara sa teritorije Podgorice, i mjerenja koncentracija radona-222 u tim uzorcima pomoću prenosnog detektora RAD7 (njegovog RAD H₂O sistema). Treći dio istraživanja čine analize dobijenih rezultata, procjene doze zračenja (ingestija i inhalacija) uzrokovane prisustvom radona-222 u vodi, kao i utvrđivanje korelacija između njegovih koncentracija i primljene doze.

Ovako koncipirano istraživanje, uz pretpostavku ispravne i uspješne realizacije, obezbjeđuje testiranje postavljenih hipoteza, dobijanje odgovora na istraživačka pitanja, kao i dostizanje definisanih ciljeva.

Komisija, dodatno, podstiče kandidatkinju da, kako i sama navodi u *Prijavi teme master rada*, uradi i odgovarajuća poređenja dobijenih rezultata sa relevantnim podacima, uključujući postojeće rezultate određenih mjerenja na vodoizvorima. Takođe, da rezultate dobijene istraživanjem detaljno razmotri s aspekta domaćeg pravnog okvira za sadržaj radionuklida u vodi za piće, kao i u svjetlu zahtjeva Direktive Savjeta Evropske unije 2013/51/EURATOM.

Sadržaj master rada i citirana literatura

Uz *Uvod*, naveden je sljedeći sadržaj master rada:

Radioaktivni gas radon (sa potpoglavljima koja se odnose na: izotope radona i uticaj radona na zdravlje čovjeka, kao i na pregled osnovnih tehnika i metoda mjerenja radona);
Dosadašnja ispitivanja koncentracija aktivnosti radona u Crnoj Gori (sa potpoglavljima: Radon u vazduhu – *indoor* i *outdoor* koncentracije i Radon u zemljištu i radon u vodi);
Metodologija istraživanja (kao poglavlje u kojem se definišu predmet i ciljevi istraživanja, istraživačka pitanja i hipoteze, kao i same metode mjerenja – uređaj *RAD-H₂O*, tj. *RAD7* i sistem za mjerenje radona u vodi, uz opis uzorkovanja i procedure mjerenja, te procjena godišnjih efektivnih doza usljed prisustva radona u vodi);
Rezultati istraživanja (sa potpoglavljima: Koncentracije radona u vodi gradskih vodovoda, Koncentracije radona u bunarskoj vodi, Godišnje efektivne doze usljed prisustva radona u vodi);
Diskusija rezultata;
Zaključci;
Literatura.

Komisija ocjenjuje da je sadržaj odgovarajući, kao i citirana literatura, koju kandidatkinja treba da dopuni određenim brojem referenci, neophodnih u fazama realizacije eksperimenata i izrade samog rada.

Zaključak i predlog

Predložena tema u potpunosti zadovoljava uslove propisane za master rad, a predloženo istraživanje ih znatno prevazilazi.

Komisija izražava posebno zadovoljstvo zbog činjenice da je predložena tema vezana za redovni posao magistranda. Naime, kandidatkinja se, po prirodi posla koji obavlja, bavi legislativom u oblasti zaštite od jonizujućih zračenja, a *Programom zaštite od radona s Akcionim planom za period 2019-2023. godine*, iz 2018. godine, predviđena je posebna analiza vode za piće na sadržaj radona na cijeloj teritoriji Crne Gore. „Rezultati te analize treba da budu osnov za izradu i donošenje odgovarajućeg podzakonskog akta koji će urediti monitoring radioaktivnosti, a u

kojem treba da budu transponovane i odredbe Direktive Savjeta Evropske unije", kako se navodi u *Prijavi teme master rada*. Dakle, doprinos tome svakako će dati i uspješna realizacija ovog master rada, a kandidatkinja će tako, na osnovu sopstvenog istraživanja i dobijenih rezultata, odnosno – sa dodatnim kompetencijama, pristupiti izradi (iniciranju izrade) tog podzakonskog akta.

U skladu sa prethodnim ocjenama, **Komisija predlaže Vijeću Prirodno-matematičkog fakulteta da odobri temu i izradu master rada.**

KOMISIJA:

prof. dr Nevenka Antović, mentor

N. Antović

prof. dr Borko Vujičić, član

Borko Vujičić

prof. dr Gordana Jovanović, član

Gordana Jovanović

U Podgorici, 29. 5. 2023.