

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Predmet: Referat o urađenoj doktorskoj disertaciji kandidata **Ahmeda Ali Salem Awhide**.

Odlukom br. 35/103 od **21.9.2017.** godine, imenovani smo za članove Komisije za pregled, ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **Ahmeda Ali Salem Awhide** pod naslovom

“Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala (Novel method for measurement of radon exhalation from building materials)“.

Posle pregleda dostavljene Disertacije i drugih pratećih materijala i razgovora sa Kandidatom, Komisija je sačinila sledeći

R E F E R A T

1. UVOD

1.1. Hronologija odobravanja i izrade disertacije

- Dana 12.4.2017. godine kandidat **Ahmed Ali Salem Awhida** prijavio je temu doktorske disertacije pod nazivom **"Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala"** ("Novel method for measurement of radon exhalation from building materials").
- Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu je dana 20.4.2017. godine (Odluka br. 35/3022) usvojilo sastav Komisije za ocenu naučne zasnovanosti predložene teme kandidata **Ahmeda Ali Salem Awhide** pod nazivom **“Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala”** ("Novel method for measurement of radon exhalation from building materials").
- Dana 1.6.2017.godine na sednici Nastavno-naučnog veća Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na osnovu izveštaja Komisije, doneta je Odluka br. 35/188 o prihvatanju predloga teme doktorske disertacije **Ahmeda Ali Salem Awhide**, pod nazivom **“Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala”** ("Novel method for measurement of radon exhalation from building materials"). Za mentore ove doktorske disertacije imenovani su dr Boris Lončar, redovni profesor TMF-a i dr Predrag Ujjć, naučni saradnik Instituta za nuklearne nauke "Vinča".
- Dana 11.7.2017. godine Veće naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu donelo je Odluku br. 61206-2715/2-17, o saglasnosti na predlog teme doktorske disertacije **Ahmeda Ali Salem Awhide**, pod nazivom **“Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala”** ("Novel method for measurement of radon exhalation from building materials").

- Nastavno-naučno veće Tehnološko-metalurškog fakulteta Univerziteta u Beogradu je dana 21.9.2017. godine (Odluka br. 35/103) usvojilo sastav Komisije za ocenu i odbranu doktorske disertacije kandidata **Ahmeda Ali Salem Awhida** pod nazivom **“Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala”** ("Novel method for measurement of radon exhalation from building materials").

1.2. Naučna oblast disertacije

Istraživanja u okviru ove doktorske disertacije pripadaju naučnoj oblasti Inženjerstvo materijala, za koju je Tehnološko-metalurški fakultet Univerziteta u Beogradu matična ustanova.

Mentori ove doktorske disertacije su dr Boris Lončar, redovni profesor TMF-a koji je objavio preko 40 radova u međunarodnim naučnim časopisima i dr Predrag Ujić, naučni saradnik Instituta za nuklearne nauke "Vinča" koji je objavio preko 30 radova u međunarodnim naučnim časopisima.

1.3. Biografski podaci o kandidatu

Kandidat Ahmed Ali Salem Awhida je rođen 19.7.1977. godine u Zlitenu, Libija. Srednju školu „Asslam high school“ završio je u Zlitenu 1995. godine. Diplomirao na Prirodnjačkom fakultetu (Faculty of Science), Misurata Univerzitet, Libija. Zvanje mastera je stekao 2007. godine na Akademiji za postdiplomske studije (Academy of Graduate Studies) u Tripoliju, Libija. Pored arapskog govori i engleski jezik, a diplomu za „Upper Intermediate“ nivo je dobio 2013. godine na ILS institutu u Notingemu, Velika Britanija.

Predavao je medicinsku fiziku na Alergib univerzitetu, a na Misurata univerzitetu je predavao i fizičku elektroniku i termodinamiku. Zatim je predavao eksperimentalnu i teorijsku fiziku i matematiku na Višem institutu u Zlitenu. Bio je generalni direktor Višeg instituta u Zlitenu u periodu 2011-2012. Deo je nastavnog osoblja Alergib Univerziteta i Misurata Univerziteta.

O naučnom radu kandidata svedoče radovi u istaknutim međunarodnim časopisima „Journal of Environmental Radioactivity“ (M22) sa impakt faktorom 2,310 (2016) i „Radiation Protection Dosimetry“ IF 0,936 (2016). Oba rada su direktno povezani sa predmetom istraživanja ove doktorske disertacije.

2. OPIS DISERTACIJE

2.1. Sadržaj disertacije

Doktorska disertacija kandidata **Ahmed Ali Salem Awhida** napisana je na 103 strane, uključuje 10 tabela, 33 slike, kao i 35 literaturnih navoda. Doktorska disertacija sadrži šest poglavlja: Uvod (Introduction), Prirodni izvori radon i mehanizam njegovog oslobađanja (Natural sources of radon and mechanisms of its release), Merenje radona (Radon measurements), Gama spektrometrija (Gamma spectrometry), Merenje ekshalacije i interkomparacija (Exhalation measurements and intercomparison), Zaključak (Conclusions) i Literatura (References).

2.2. Kratak prikaz pojedinačnih poglavlja

U ovoj disertaciji je predložen novi metod merenja ekshalacije radona. Objasnjen je i značaj merenja radona iz građevinskih materijala i ukazano je na to da bi bilo potrebno uvesti u legislativu ekshalaciju radona iz građevinskih materijala.

Prvo poglavlje je uvodno poglavlje u kojem se uopšteno uvode pojmovi vezani za radioaktivnost. Opisane su vrste radioaktivnih raspada i njihov značaj u smislu zaštite od zračenja. U tom smislu je opisana interakcija radioaktivnog zračenja sa materijom. Dati su i pojmovi apsorbovane, efektivne i ekvivalentne doze, kao i jedinice koje se koriste u ovoj oblasti.

Drugo poglavlje sadrži prikaz izvora radona, počev od lanca radioaktivnih raspada, čiji je jedan od članova i sam radon. Objasneni su pojmovi emanacije i ekshalacije i proces transporta, odnosno difuzije radona, koji je veoma bitan za metod merenja ekshalacije radona koji je predložen u ovoj disertaciji. Dat je i opis procesa posredstvom kojih se radon može naći u zatvorenim prostorijama u kojima obitavaju ljudi, kao i faktori koji utiču na koncentraciju radona u zatvorenim prostorijama.

U trećem poglavlju je dat pregled metoda merenja radona. S obzirom da se merenje ekshalacije radona zasniva na samom merenju radona, svaki metod merenja radona se potencijalno može koristiti i za merenje ekshalacije radona, pa su shodno tome opisani i metodi merenja radona u različitim sredinama, odnosno pored vazduha i merenje radona u vodi i u zemljištu. Pored metoda merenja i njihovih pojedinačnih prednosti i mana, objašnjene su i prednosti i mane dugoročnih i kratkoročnih merenja radona, kao i instrumentacija koja se koristi pri merenju radona.

Četvrto poglavlje opisuje gama spektrometriju, kao metod za identifikaciju i kvantifikaciju odnosno merenje koncentracije radionuklida u uzorcima različitog porekla. Navedene su vrste detektora koji se mogu koristiti u gama spektrometriji. Zatim je objašnjen način formiranja gama spektra i fizički procesi koji su bitni za formiranje spektra. Ovo poglavlje je bitan uvod za kasniji opis novog metoda merenja ekshalacije radona koji se zasniva na gama spektrometrijskom merenju.

U petom poglavlju je prikazana i objašnjena teorijska osnova predloženog metoda merenja ekshalacije radona, koji je konceptualno različit od ostalih metoda merenja ekshalacije radona. Predstavljeni su rezultati dobijeni ovim metodom na spravljenom betonskom uzorku. U istom poglavlju su prikazani i rezultati merenja ekshalacije iz istog uzorka pomoću drugih metoda (merenje metodom zatvorene komore aktivnim instrumentom, merenje metodom zatvorene komore nuklearnim trag detektorom i merenje ekshalacije radona pomoću kanistra sa aktivnim ugljem). Izvršena je interkomparacija ovih metoda, kao i uporedni prikaz prednosti i mana ovih metoda.

U šestom poglavlju su izvedeni zaključci doktorske disertacije. Istaknuti su naučni doprinosi disertacije i zaključeno da rezultati ovog rada mogu pokrenuti dalja istraživanja, odnosno da ima prostora za usavršavanje primenjenog novog metoda, ali i da postoji ozbiljna indicija da je ekshalaciju radona iz građevinskih materijala potrebno eksplicitnije uvesti u zakonsku regulativu.

U sedmom poglavlju dati su literaturni navodi koji su korišćeni pri izradi ove doktorske disertacije, kao oni koji predstavljaju rezultate ove doktorske disertacije.

3. OCENA DISERTACIJE

3.1. Savremenost i originalnost

Ispitivanje radona je jedna od nazastupljenijih tema u oblasti zaštite od zračenja. Izlaganje radonu je najvarijabilnija komponenta prirodnog zračenja i može dovesti do ozbiljnijeg izlaganja u zatvorenim prostorijama. Smatra se da je radon uzrok oko 15 % terminalnih kancera pluća.

Postoje ozbiljne indikacije da je „unutrašnja“ doza uzrokovana inhaliranjem radona ekshaliranog iz građevinskih materijala veća od „eksterne“ doze primljene putem gama zračenja od istog radijuma koji je predak ekshaliranog radona. Stoga se merenje ekshalacije radona iz građevinskih materijala može pokazati veoma bitnim u skorijoj budućnosti, pogotovu ako bude opšteprihvaćena inicijativa da faktori konverzije doze radona budu uvećani za tri puta.

Pored toga, u današnje vreme problem radona dobija još više na značaju u eri politike povećanja energetske efikasnosti koje uključuju bolje zaptivanje vrata i prozora. To uzrokuje smanjenje koeficijenta provetravanja prostorija, a samim tim povećanje koncentracije radona u zatvorenim prostorijama, koje je uočeno i na višim spratovima, gde je osnovni izvor radona građevinski materijal.

Iz svih navedenih razloga merenje ekshalacije radona je jedna od važnih tema istraživanja u oblasti zaštite od zračenja, tako da i danas postoji veliki broj publikacija na ovu temu, iz različitih delova sveta.

Savremenost i originalnost istraživanja prikazanih u ovoj doktorskoj disertaciji potvrđeni su objavljivanjem dva rada u istaknutim međunarodnim časopisima „Journal of Environmental Radioactivity“, (M22) sa impakt faktorom 2,310 (2016) i „Radiation Protection Dosimetry“ (M23) IF 0,936 (2016), direktno povezanih sa predmetom istraživanja ove doktorske disertacije, kao i jednog rada saopštenog na skupu međunarodnog značaja, koji je štampan u celini i dva rada saopštena na skupovima nacionalnog značaja, štampana u celini.

3.2. Osvrt na referentnu i korišćenu literaturu

Tokom izrade doktorske disertacije kandidat je izvršio pregled naučne i stručne literature iz relevantne naučne oblasti vezane za problematiku doktorske teze. Većina pregledane naučne literature sastoji se od naučnih radova objavljenih u vrhunskim međunarodnim časopisima od strane eminentnih stručnjaka iz oblasti i problematike predmetne doktorske disertacije. Jedan deo referenci se odnosi i na regulativu u oblasti izlaganja radonu odnosno radioaktivnom zračenju uopšte.

Time je kandidat stekao potpun uvid u do sada objavljene rezultate ispitivanja radona, odnosno ekshalacije radona iz građevinskih materijala.

U ovoj doktorskoj disertaciji ukupno je navedeno 35 referenci, koje obuhvataju oblasti izlaganja radioaktivnom zračenju, merenja radona, merenja ekshalacije radona.

3.3. Opis i adekvatnost primenjenih naučnih metoda

U prijavi doktorske disertacije postavljeni su zadaci koji su ostvareni korišćenjem adekvatnih naučnih metoda. Predloženi metod merenja ekshalacije radona je zasnovan na teorijskom modelu difuzije radona kroz uzorak datih osobina, koja je u ovom slučaju predstavljena difuzionom jednačinom u stacionarnom stanju. Primenjen je modifikovani gama spektrometrijski metod merenja koncentracije radionuklida u uzorcima, koji je uslovljen neuniformnom raspodelom radona (i njegovih potomaka) u uzorku. Stoga, nije moguće primeniti koeficijent efikasnosti detekcije, koji se koristi u standardnoj gama spektrometriji, već je korišćena „funkcija krive efikasnosti detekcije“ koja zavisi od udaljenosti od detektora odnosno dubine posmatranog sloja u uzorku. Da bi se dobila „funkcija krive efikasnosti detekcije“ korišćen je Monte-Karlo paket EFFTRAN, za procenu prenosa koeficijenta efikasnosti sa jedne geometrije na drugu, pri čemu je korišćen koeficijent efikasnosti za uzorak sličnih dimenzija i sličnog sastava.

Merenje je vršeno na HPGe detektoru AMETEK-AMT (Ortec) GEM 30-70, a za pripremanje standarda sa peskom korišćeni su sertifikavani gama izvori.

Integralne jednačine konvolucije koncentracije radona u uzorku i normalizovane funkcije krive efikasnosti detekcije nisu rešive analitičkim putem, pa je za njihovo rešavanje korišćen paket Mathematica 9. Radi potvrđivanja metoda izvršena je i interkomparacija sa tri postojeća metoda merenja ekshalacije radona.

3.4. Primenljivost ostvarenih rezultata

Ostvareni rezultati prikazani u ovoj doktorskoj disertaciji imaju veliku potencijalnu primenu, ukoliko u legislativu bude uvršteno i merenje ekshalacije radona iz građevinskih materijala. Bez obzira na to, predloženi metod omogućava i karakterizaciju materijala u smislu zaštite od radona, jer je jedini metod koji kao rezultat daje i difuzionu dužinu radona u datom materijalu.

Metod ima nedostataka što se tiče merenja nekih uzoraka čiji parametri izlaze iz određenih opsega, ali je metod svakako primenjiv u prospekcijski građevinskih materijala, što se tiče gornje granice brzine ekshalacije radona.

Pokazano je, na primeru uzorka pripremljenog u svrhu merenja i interkomparacije merenja ekshalacije radona, da bi takav materijal, iako prihvatljiv po gama indeksu – propisanoj granici za koncentraciju radionuklida u građevinskim materijalima, bio potpuno neprihvatljiv, s obzirom na dozu koju bi uzrokovao ekshalirani radon iz ovog materijala.

3.5. Ocena dostignutih sposobnosti kandidata za samostalni naučni rad

Prilikom izrade doktorske disertacije pod nazivom **“Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala”** ("Novel method for measurement of radon exhalation from building materials"), kandidat je iskazao stručnost i samostalnost, pružajući naučni doprinos u uspostavljanju novog metoda merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala. Metod je potvrđen objavljivanjem dva rada u istaknutim međunarodnim časopisima, čime je dao svoj naučni doprinos u polju predmetne problematike.

Na osnovu iznetih činjenica, Komisija je mišljenja da je kandidat kvalifikovan i da poseduje sve kvalitete koji su neophodni za samostalan naučno istraživački rad.

4. OSTVARENI NAUČNI DOPRINOS

4.1. Prikaz ostvarenih naučnih doprinosa

Doktorska disertacija kandidata **Ahmeda Ali Salem Awhide** pod nazivom **“Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala”** ("Novel method for measurement of radon exhalation from building materials") pruža značajan naučni doprinos, koji uključuje sledeće:

- Uveden je novi metod merenja brzine ekshalacije radona, zasnovan na potuno drugačijim principima u odnosu na pređašnje,
- Metod omogućava i merenje difuzione dužine i emanacije radona u istom merenju, što takođe nijedan od pređašnjih metoda nije omogućavao,
- Mogućnost merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala u laboratorijama koje nemaju radonsku opremu,
- Potencijalno bi bilo omogućen veći obim merenja, čime bi se ostvarila bolja klasifikacija građevinskih materijala uključujući i njihova protektivna svojstva u smislu permeabilnosti na radon
- Izvršena je interkomparacija nekoliko postojećih metoda merenja i direktno upoređivanje prednosti i mana tih metoda.

4.2. Kritička analiza rezultata istraživanja

Radon-222 ima najveći udeo u ukupnom izlaganju stanovništva jonizujućem zračenju. Preko 50% primljene doze od strane opšte populacije otpada na izlaganje radonu. I pored toga, prihvatljivost građevinskih materijala u smislu izloženosti stanovništva je uslovljena samo izlaganjem gama komponenti zračenja radionuklida sadržanih u građevinskim materijalima. Jedan od razloga što ekshalacija radona nije eksplicitno uvedena u legislativu je i složenost merenja ekshalacije radona u odnosu na gama spektrometrijska merenja radionuklida u istim materijalima.

Ova disertacija je išla u pravcu da predlogom novog metoda merenja ekshalacije radona gama spektrometrijom, izmeni percepciju o merenju ekshalacije radona iz građevinskih materijala i potencijalno pokrene njegovo uvođenje u legislativu.

Metod je nedvosmisleno potvrđen interkomparacijom sa drugim metodima merenja brzine ekshalacije radona. Takođe ovaj metod nudi i merenje difuzione dužine i emanacije radona u istom merenju, što nijedan od drugih metoda ne omogućuje. Ta činjenica je bitna, s obzirom da difuziona dužina radona u datom materijalu karakteriše i protektivna svojstva datog materijala u odnosu na radon.

4.3. Verifikacija naučnih doprinosa

Kandidat Ahmed Ali Salem Awhida je objavio pet radova i to:

Dva rada u istaknutim međunarodnim časopisima (M22), jedno saopštenje sa međunarodnog skupa štampano u celini (M33) i dva saopštenje sa skupa od nacionalnog značaja štampana u celini (M63).

Kategorija M22:

1. **A. Awhida**, P. Ujić, I. Vukanac, M. Đurašević, A. Kandić, I. Čeliković, B. Lončar, P. Kolarž, Novel method of measurement of radon exhalation from building materials, *Journal of Environmental Radioactivity*, Volume 164, November 2016, Pages 337-343, ISSN 0265-931X, IF(2016) = 2.310.
2. **A. Awhida**, P. Ujić, G. Pantelić, P. Kolarž, I. Čeliković, M. Živanović, A. Janićijević, B. Lončar Ad-hoc intercomparison of four diferent radon exhalation measurement methods, *Radiation Protection Dosimetry*, <https://doi.org/10.1093/rpd/nex096>, IF 0,936 (2016)

Kategorija M33:

1. **A. Awhida**, P. Ujić, P. Kolarž, I. Čeliković, M. Milinčić, A. Lončar, B. Lončar, Merits and demerits of different methods for radon exhalation measurements, *RAD Conference Proceedings*, vol. 2, pp. 132-136, 2017.

Kategorija M63:

1. **A. Awhida**, P. Ujić, I. Čeliković, D. Nikezić, K. Karadžić, B. Lončar, New method for the radon measurement from building materials, *Proceedings of 4th International Conference on Electrical, Electronics and Computing Engineering, IcETRAN 2017*, Kladovo, Serbia, June 05-08, ISBN 978-86-7466-692-0, pp. 1-3.
2. P. Ujić, I. Čeliković, **A. Awhida**, B. Lončar, G. Pantelić, I. Vukanac, P. Kolarž, A. Kandić, M. Đurašević, M. Živanović, Merenje ekshalacije radona iz građevinskih materijala, *Zbornik radova XXIX Simpozijum Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne gore*, Srebrno jezero, 27- 29. septembar 2017., str. 219-224.

5. ZAKLJUČAK I PREDLOG

Na osnovu svega navedenog, mišljenje Komisije je da doktorska disertacija kandidata **Ahmeda Ali Salem Awhide**, pod nazivom "**Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala**" ("**Novel method for measurement of radon exhalation from building materials**") predstavlja originalan naučni doprinos predmetne oblasti istraživanja. Originalnost doktorske disertacije kandidata je potvrđena objavljivanjem dva rada u istaknutim časopisima međunarodnog značaja. Postavljeni predmet i ciljevi doktorske disertacije u potpunosti su ostvareni. Na osnovu iznetog, Komisija smatra da doktorska disertacija pod nazivom "**Novi metod merenja ekshalacije radona iz građevinskih materijala**" ("**Novel method for measurement of radon exhalation from building materials**") u potpunosti ispunjava sve zahtevane kriterijume, kao i da je kandidat tokom izrade disertacije pokazao samostalnost i originalnost u naučno-istraživačkom radu.

Imajući u vidu kvalitet, obim i naučni doprinos postignutih i prikazanih rezultata, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Tehnološko-metalurškog fakulteta, Univerziteta u Beogradu, da prihvati ovaj Referat, pruži na uvid javnosti podnetu doktorsku disertaciju kandidata **Ahmeda Ali Salem Awhide** u zakonom predviđenom roku, kao i da Referat uputi Veću naučnih oblasti tehničkih nauka Univerziteta u Beogradu i da nakon završetka procedure pozove kandidata na usmenu odbranu disertacije pred Komisijom u istom sastavu.

16.10.2017.

ČLANOVI KOMISIJE

.....
dr Boris Lončar, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Predrag Ujić, naučni saradnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča"

.....
dr Igor Čeliković, naučni saradnik
Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke "Vinča"

.....
dr Radmila Jančić Hajneman, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Aco Janićijević, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet

.....
dr Rajko Šašić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet