

**ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**



**ЗБОРНИК
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Сребрно језеро
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG
Srebrno jezero
27- 29. September 2017**

**Belgrade
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
27-29.09.2017.

Издавачи:

Институт за нуклеарне науке „Винча“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

Институт за нуклеарне науке ”Винча”, Мике Петровића Аласа 12-14, 11351
Винча, Београд, Србија

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

STUDIJA SLUČAJA SEZONSKE VARIJACIJE KONCENTRACIJE RADONA U PORODIČNOJ KUĆI U SRBIJI

Vladimir UDOVIČIĆ¹, Dimitrije MALETIĆ¹, Aleksandar DRAGIĆ¹, Radomir BANJANAC¹, Dejan JOKOVIĆ¹ i Sofija FORKAPIĆ²

1) *Univerzitet u Beogradu, Institut za fiziku u Beogradu, Beograd, Srbija, udovicic@ipb.ac.rs*

2) *Univerzitet u Novom Sadu, PMF Novi Sad, Novi Sad, Srbija, sofija@df.uns.ac.rs*

SADRŽAJ

Usled uticaja velikog broja parametara, ponašanje radona u zatvorenim prostorijama ima složenu dinamiku. Na osnovu merenja koncentracije radona, izdvajaju se dve periodičnosti, dnevna i sezonska. U ovom radu su prikazani rezultati merenja koncentracije radona u jednoj tipičnoj porodičnoj kući u Srbiji, u toku tri sukcesivne godine u februaru i julu svake godine. Korišćene su sledeće tehnike merenja radona: aktivna i metoda ugljenih kanistara. Takođe su prikazani rezultati ovih interkomparativnih merenja.

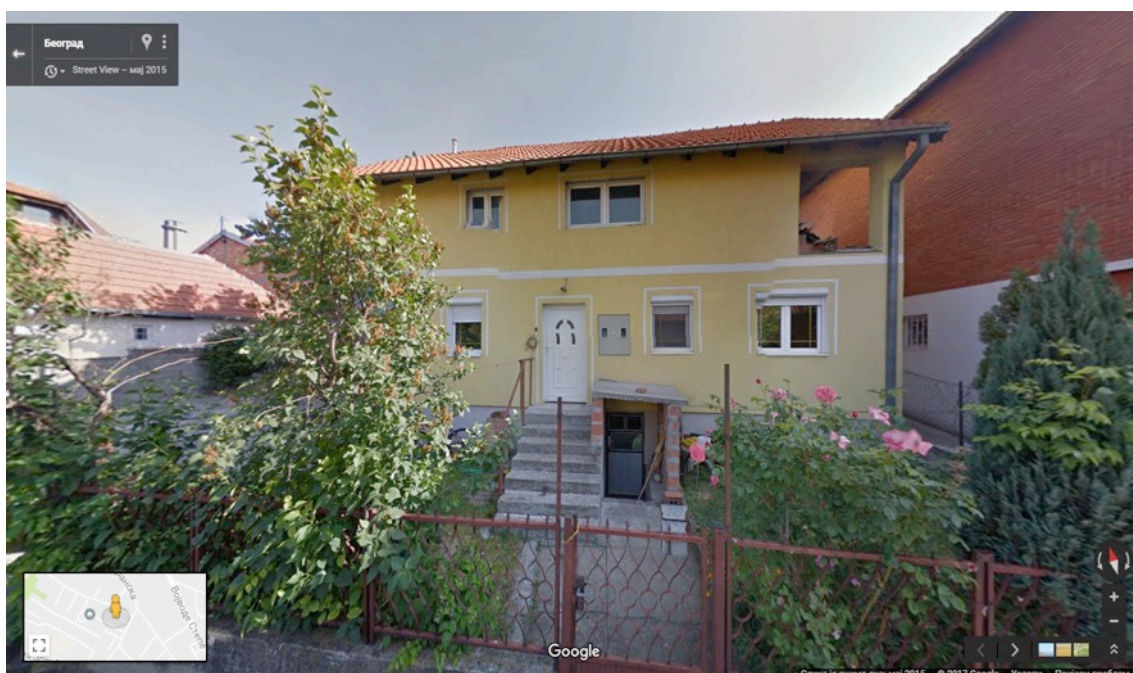
1. UVOD

Istraživanje dinamike radona i primena mera za njegovo smanjenje u različitim sredinama, naročito u zatvorenim prostorijama, ima veliki značaj u smislu zaštite od jonizujućih zračenja. Objavljeni rezultati i razvoj mnogih modela kojima se opisuje ponašanje radona ukazuju na složenost ovog istraživanja, posebno sa modelima za predviđanje varijabilnosti radona [1-3]. To je zato što varijabilnost radona zavisi od velikog broja faktora kao što su geologija, propustljivost zemljišta, građevinski materijali koji se koriste za izgradnju kuća i zgrada, stanje unutrašnje atmosfere (temperatura, pritisak i relativna vlažnost), koncentracija aerosola, brzina razmene između unutrašnjeg i spoljašnjeg vazduha, kao i životnih navika ljudi. Poznato je da varijabilnost koncentracije radona ima dve glavne periodičnosti i to od jednog dana i jedne godine. Takođe je poznato da postoji sezonska varijacija koncentracije radona. To je razlog zašto je posebno zanimljivo istražiti varijaciju radona na istom mernom mestu, iz godine u godinu, zbog procene individualne godišnje doze od izlaganja radonu. U tom smislu, pratili smo dugoročne varijacije koncentracije radona u jednoj tipičnoj porodičnoj kući u Srbiji. Merenja su obavljena tokom 2014., 2015. i 2016. godine, u februaru i julu, svake godine. Koristili smo sledeće merne tehnike: aktivna i metoda korišćenja ugljenih kanistara. Detaljna analiza dobijenih rezultata je prikazana u ovom radu.

2. METODE MERENJA RADONA

Vremenske serije merenih koncentracija radona, temperature i relativne vlažnosti u ispitivanoj kući dobijene su pomoću uređaja SN1029 (proizvođača Sun Nuclear Corporation). To je merni uređaj jednostavne konstrukcije i primene u praksi. U suštini, radi se o brojaču sa dodatkom senzora za merenje meteoroloških parametara. Nedostatak uređaja je nemogućnost merenja koncentracije radona u zemljištu i vodi. Operater može podesiti vremenske sekvence od 0,5 sati do 24 sati. Jedan ciklus merenja može trajati 1000 sati ili ukupno 720 vremenskih sekvenci (broj sukcesivnih merenja, odnosno tačaka u vremenskoj seriji). Uređaj je bio podešen da radi u vremenskoj sekvenci od 2 sata.

Simultano su mereni temperatura, vazdušni pritisak i vlažnost. U saradnji sa kolegama iz Laboratorije za ispitivanje radioaktivnosti uzoraka i doze jonizujućeg i nejonizujućeg zračenja, PMF, Novi Sad urađena su interkomparativna merenja, korišćenjem standardne skrining metode za merenje koncentracije radona pomoću adsorpcije na aktivnom uglju prema US EPA protokolu 520/5-87-005 [4], tokom februara 2014., 2015. i 2016. godine. Porodična kuća izabrana za merenja i analize varijacije radona je tipična kuća u Beogradu (slika 1).



Slika 1. Porodična kuća u kojoj su vršena merenja

Karakterističan je stil gradnje u kome se kuća gradi više godina uz konstantno dograđivanje i nadogradnju, što potencijalno može biti izvor ulaska radona u takve kuće. Kuća ima podrum i izgrađena je od standardnih materijala (cigla-blok, beton, malter). Na kraju je urađena i izolacija korišćenjem stiropora debljine 5 cm. Merenja radona su izvršena u dnevnoj sobi porodične kuće. Tokom perioda merenja (zima-leto 2014, 2015. i 2016), kuća je prirodno ventilirana i korišćen je klima uređaj u oba režima, grejanja i hlađenja. Tokom zimskog perioda merenja pored klima uređaja, korišćena je termoakumulaciona peć i uljani radijatori. Izmerene koncentracije radona, sobna temperatura (T) i relativna vlažnost unutar kuće su dobijeni korišćenjem radon monitora.

3. REZULTATI

Merenja su obavljena tokom februara i jula 2014., 2015. i 2016. koristeći radon monitor i metode pomoću adsorpcije na aktivnom uglju. Rezultati su prikazani u tabeli 1. Uočena je izrazita sezonska varijacija radona, pri čemu je koncentracija radona u zimskom periodu za red veličine veća nego u letnjem periodu. Rezultati merenja radona pomoću dve različite metode su u dobroj saglasnosti.

Tabela 1. Rezultati merenja radona, temperature i vlažnosti vazduha tokom februara i jula 2014., 2015. i 2016.

	2014.		2015.		2016.	
	Februar	Juli	Februar	Juli	Februar	Juli
Minimum [Bqm ⁻³]	15	0	28	0	12	3
Maximum [Bqm ⁻³]	1000	286	915	88	1013	262
Mediana [Bqm ⁻³]	418	25	524	22	412	28
AM(SD) [Bqm ⁻³]	402(216)	40(41)	508(207)	27(18)	423(214)	39(32)
Temperatura [°C]	20,4(0,8)	24,7(0,9)	21,2(0,6)	24,9(0,8)	22,3(0,6)	24,6(0,8)
Vlažnost [%]	67,4(5,7)	67,8(4,8)	68,2(4,8)	51,5(4,7)	64,0(6,4)	58,9(7,5)
Ugljeni kanister [Bqm ⁻³]	432(10)	/	518(6)	/	407(5)	/

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu, praćena je varijabilnost radona u dnevnoj sobi jedne porodične kuće u Beogradu tokom dva izabrana meseca u godini (februar i juli), i to tri godine za redom, 2014., 2015. i 2016. Rezultati pokazuju izrazitu sezonsku varijaciju, s tim što nivoi radona za iste mesece u godini pokazuju relativnu reproducibilnost. Male varijacije su uslovljene, pre svega varijacijama meteo parametara. Takođe, interkomparativna merenja radona dvema različitim metodama pokazuju dobru saglasnost.

5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan uz podršku Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru projekta pod brojem III43002.

6. LITERATURA

- [1] D. Maletić, V. Udovičić, R. Banjanac, D. Joković, A. Dragić, N. Veselinović, J. Filipović. Comparison of multivariate classification and regression methods for indoor radon measurements. *Nuclear Technology and Radiation Protection* 29, 2014, 17-23.
- [2] D. Maletić, V. Udovičić, R. Banjanac, D. Joković, A. Dragić, N. Veselinović, J. Filipović. Correlative and multivariate analysis of increased radon concentration in underground laboratory. *Radiation Protection Dosimetry* 162 (1-2), 2014, 148-151.
- [3] J. Filipović, D. Maletić, V. Udovičić, R. Banjanac, D. Joković, M. Savić, N. Veselinović. The use of multivariate analysis of the radon variability in the underground laboratory and indoor environment. *Nukleonika* 61(3), 2016, 357-360.
- [4] EPA 520/5-87-005, Gray D.J, Windham S.T, United States Environmental Protection Agency, Montgomery, 1987.

**CASE STUDY OF THE INDOOR RADON SEASONAL
VARIABILITY IN THE FAMILY HOUSE IN SERBIA**

**Vladimir UDOVIČIĆ¹, Dimitrije MALETIĆ¹, Aleksandar DRAGIĆ¹, Radomir
BANJANAC¹, Dejan JOKOVIĆ¹ i Sofija FORKAPIĆ²**

1) *University of Belgrade, Institute of Physics Belgrade, Belgrade, Serbia,
udovicic@ipb.ac.rs*

2) *University of Novi Sad, PMF Novi Sad, Novi Sad, Serbia, sofija@df.uns.ac.rs*

ABSTRACT

Due to the impact of a large number of parameters, the behavior of radon indoors has complex dynamics. Radon time-series analysis, based on the short-term indoor radon measurements performed worldwide, shows two main periodicity: daily and seasonal. This paper presents the results of the indoor radon measurements in a typical family house in Serbia, during three successive years in February and July each year. The following techniques were used for radon measurements: active and charcoal canister methods. It also presents the results of these intercomparison measurements.