

## VISOKE KONCENTRACIJE RADONA U PORODIČNOJ KUĆI U OKOLINI KOSOVSKЕ MITROVICE

Dušica SPASIĆ i Ljiljana GULAN

*Univerzitet u Prištini sa privremenim sedištem u Kosovskoj Mitrovici,  
Prirodno–matematički fakultet, Kosovska Mitrovica, Republika Srbija,  
[dusica.spasic@pr.ac.rs](mailto:dusica.spasic@pr.ac.rs), [ljiljana.gulan@pr.ac.rs](mailto:ljiljana.gulan@pr.ac.rs)*

### SADRŽAJ

*U ovom radu su prikazani rezultati merenja koncentracije radona u jednoj porodičnoj kući u blizini Kosovske Mitrovice u periodu od 24.03.2020 – 31.05.2020. Interval merenja je obuhvatio period proglašenja vanredne situacije izazvane pandemijom COVID-19. Merenje koncentracije radona izvršeno je sa dva aktivna detektora radona (Airthings Corentium Home) postavljena u dnevnoj i spavaćoj sobi kuće starosti preko 30 godina. Vrednosti koncentracija radona očitavane dnevno su se kretale u opsegu 368-1290 Bq/m<sup>3</sup> u dnevnoj sobi i 796-2330 Bq/m<sup>3</sup> u spavaćoj sobi; srednje vrednosti za dati period su: 710 Bq/m<sup>3</sup> i 1377 Bq/m<sup>3</sup>, respektivno. Direktivom Saveta Evropske unije (Directive 2013/59/EURATOM) državama članicama naloženo je da utvde nacionalne referentne nivoe za koncentraciju radona u radnim i boravišnim prostorijama ne veće od 300 Bq/m<sup>3</sup>. Izmerene vrednosti mogu ukazati na geogeni potencijal radona, ali i na uticaj tehnološke aktivnosti iz obližnjeg rudarskog kompleksa "Trepča", koje su mogle izmeniti koncentracije prirodnih radioaktivnih materijala u životnom okruženju.*

### 1. Uvod

Najzastupljeniji izotop radioaktivnog gasa radona jeste radon <sup>222</sup>Rn, sa periodom poluraspada od 3.824 dana, prisutan u nizu uranijuma <sup>238</sup>U. Produkti njegovog raspada su čvrste čestice metalnog karaktera, odgovorne za veliko radiološko opterećenje i predstavljaju zdravstveni hazard pored radona. Produkti iz raspada radona pokazuju visoka adsorpciona svojstva i vezuju se za fine disperzivne čestice u vazduhu gradeći radioaktivne aerosole. Zbog visoke energije koju  $\alpha$  čestice nose imaju jako radiotoksično i kancerogeno dejstvo. Na osnovu nedavno sprovedenih objedinjenih epidemioloških studija u Evropi [1], Americi [2] i Aziji [3], koje su ukazale na postojanje veze između koncentracije radona u zatvorenim prostorijama i kancera pluća, Svetska Zdravstvena Organizacija je procenila da između 3 % i 14 % svih kancera pluća potiče od radona i njegovih potomaka [4].

Zahvaljujući svojoj hemijskoj inertnosti i relativno dugom vremenu poluraspada, radon lako napušta mesto formiranja i difunduje kroz debele slojeve zemljišta usled gradijenta u koncentraciji i pritisku i može nastati njegovo nagomilavanje u zatvorenom prostoru. Na koncentraciju radona u boravišnim i radnim prostorijama utiče mnogo faktora koji se mogu podeliti na: privremene, koji zavise od antropogenog uticaja ili trenutnih uslova (kao što su životne navike, način gradnje, građevinski materijal, meteorološki uslovi) i trajne, koje zavise od geofizičkih parametara (kao što su raspored stena u tlu, sadržaj uranijuma i radijuma u zemljištu i stenama, permeabilnost zemljišta za radon, granulacija i hemijske karakteristike zemljišta) [5]. Direktivom Saveta Evropske unije (Directive 2013/59/EURATOM) državama članicama naloženo je da utvde nacionalne referentne nivoe za koncentraciju radona u radnim i boravišnim prostorijama ne veće od 300 Bq/m<sup>3</sup> [6]. Poslednjih nekoliko decenija, intenzivirana su merenja koncentracije radona, lociranje pojedinih objekata, kao i mapiranje čitavih područja i država. U našoj

zemlji je u periodu od 2015-2016. godine sproveden „Nacionalna kampanja za merenje koncentracija radona u zatvorenim prostorijama”. Autori istraživanja navode nedovoljan broj detektora u odnosu na broj zainteresovanih ljudi da se u njihovim objektima ispita prisustvo radona [7].

U ovom radu predstavljani su rezultati merenja koncentracije radona u jednoj porodičnoj kući u blizini Kosovske Mitrovice i to baš u period proglašenja vanredne situacije u našoj zemlji izazavane pandemijom COVID-19, 24.03.2020–31.05.2020. Kako čovek, u proseku provede oko 80 % vremena u zatvorenim prostorijama, važno je u ovakvoj situaciji ispitati vrednosti koncentracije radona, jer su ljudi mnogo više boravili u zatvorenom.

### **2. Mesto istraživanja i metod merenja**

Porodična kuća u kojoj je izvršeno merenje, nalazi se u ruralnom području, u blizini Kosovske Mitrovice, opština Zvečan (42.9343° N and 20.8389° E), 3 km od rudnika “Trepča”, oko 7 km vazdušnom linijom od rudnika “Stari Trg”.

Naselje Zvečan sa okolnim selima smešteno je u severnom delu Kosovske kotline u dolini reke Ibar, na dodiru ogranaka Kopaonika, Mokre Gore i Rogozne. Topografski položaj naselja određen je aluvijalnom ravni reke Ibar i padinama okolnih brda koja predstavljaju delove prostorne celine brdsko planinskog kraha. Ibarska kotlina je sa jugoistoka zatvorena dominantnom vulkanskom kupom Zvečan (799 m), Mali Zvečan (750 m), Sokolica (918 m), i planinom Majdan (1286 m) [8].

Kosovskomitrovički region pripada zoni tercijarnog magmatizma. Geološke strukture formirane su u od ordovicijuma do kvartara. Vulkanogeno-sedimentne formacije srednjeg trijasa karakterišu klastiti sa vulkanitima, dolomiti, mermeri, karbonati, filiti i zeleni škriljci. Laporoviti krečnjaci, peščari i konglomerati nastali su u period krede. Vulkanska aktivnost je proizvela velike mase izlivnih stena dacito-andezita, kvarclatita i piroklastita i intruziju granitnih stena. Pravcem sever-severozapad i jug-jugoistok duž toka reke Sitnice proteže se rased i tektonska zona senonskih depozita [9].

Porodična kuća izgrađena je 70-tih godina prošlog veka. To je tipična seoska kuća sa podrumom, koji se koristi za stanovanje, i gornjim spratom. Prizemlje je izgrađeno od klesanog kamena debljine oko 50 cm, prednjim delom ukopano u zemlju dubine 1 m, (kamen je dopreman sa obližnjeg brda ispod Sokolice). Kuća je podignuta na mestu gde je nekada bilo plodno, obradivo zemljište.

Za postavljanje detektora izabrane su dve prostorije, dnevna soba i spavaća soba, koje se nalaze u prednjem delu kuće. Očitavanja su vršena svakog dana u istom vremenskom terminu, od 14-15 h. Kuća nema betonsku ploču, dok je plafon od betona. Zidovi u obe prostorije su malterisani, prekriveni bojom, prozori su sa duplim, drvenim oknom, na međurastojanju od 30 cm, visine 50 cm. U dnevnoj sobi na podu je laminat, a u spavaćoj sobi su lesonit ploče, razmaknute na spojevima oko 0,5 cm.

Merenje koncentracije radona vršeno je uz pomoć aktivnog detektora Airthing Corentium Home, koji može dati precizne podatke o prosečnoj koncentraciji radona u zatvorenim prostorijama, u vremenskim intervalima od jednog dana do sedam dana, pa i više meseci. Airthing Corentium Home daje prosečne vrednosti u toku vremena. Prvo očitavanje moguće je nakon 24 h, detektor pokazuje usrednjenu dnevnu vrednost (iz sata u sat), a nedeljna vrednost (usrednjena za svakih 24 h) se dobija za predhodnih sedam dana. Rad detektora Airthing Corentium Home zasnovan je na procesu difuzije radona u komoru. To je digitalna verzija detektora bazirana na alfa spektrometrijskom metodu. Tačnost merenja je u okviru  $\pm 5\%$  od rezultata referentnih monitora, merni

opseg od 0-9999 Bq/m<sup>3</sup>, a merna nesigurnost je <10 % za periode merenja veće od 1 meseca [10].

### 3. Rezultati i diskusija

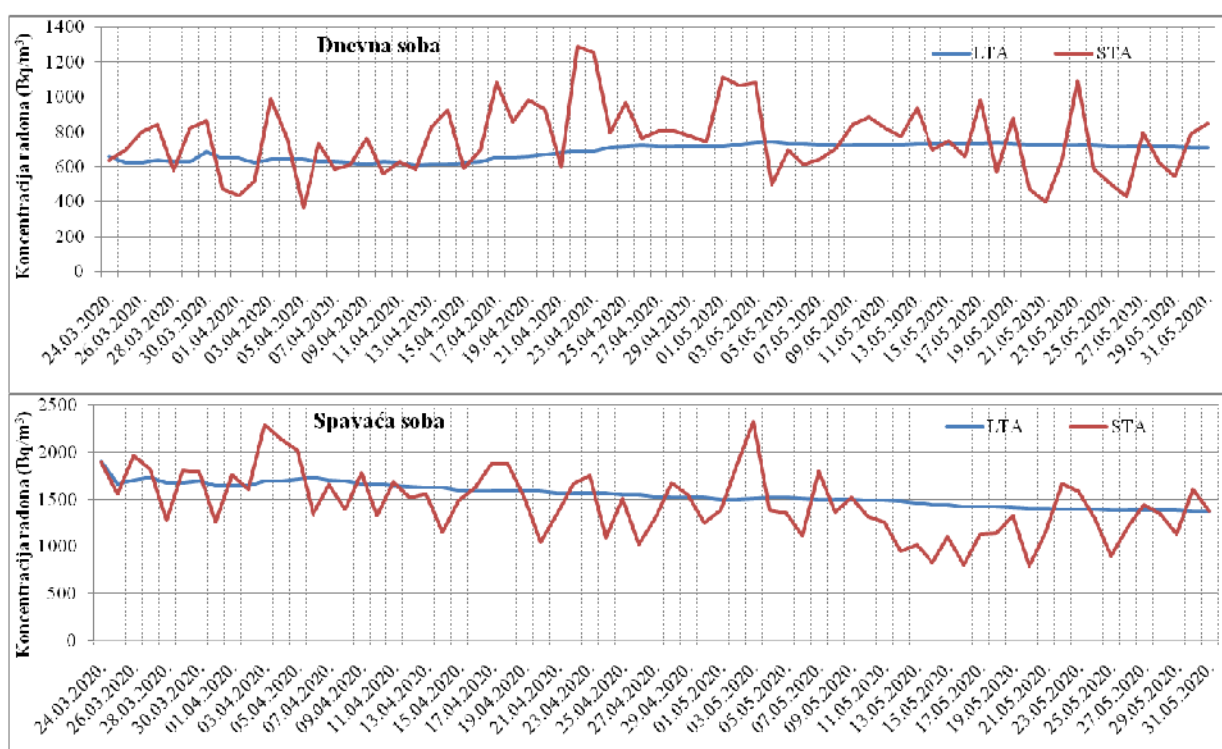
Visoke koncentracije radona u ovoj porodičnoj kući izmerene su CR-39 detektorima 9 godina ranije; koncentracije radona su bile za dnevnu i spavaću sobu, respektivno, 545 Bq/m<sup>3</sup> i 1216 Bq/m<sup>3</sup> (period zima-proleće), 446 i 1034 Bq/m<sup>3</sup> (period leto-jesen) [11]. Merenja su ponovljena, prvi put ovom metodom, a vrednosti koncentracije radona nisu pokazale znatnija odstupanja.

Koncentracije radona u prostorijama po danima predstavljene su na Slici 1. Očigledno je da su vrednosti u svakom očitavanju prelazile preporučeni referentni nivo koncentracije radona za boravišni prostor. Vrednosti koncentracija radona očitavane dnevno su se kretale u opsegu 368-1290 Bq/m<sup>3</sup> u dnevnoj sobi i 796-2330 Bq/m<sup>3</sup> u spavaćoj sobi; srednje vrednosti za dati period su: 710 Bq/m<sup>3</sup> i 1377 Bq/m<sup>3</sup>, respektivno. Na dnevnom nivou STA (short term average), primećuju se znatne varijacije vrednosti koncentracije radona, kako u dnevnoj tako i u spavaćoj sobi. Dugoročne LTA (long term average) vrednosti tokom perioda merenja daju približno ujednačene koncentracije radona za dnevnu sobu, a imaju tendenciju blagog pada za spavaću sobu.

Razlog u razlikama vrednosti koncentracije radona među dvema prostorijama iste kuće, najverovatnije je podna obloga. Dnevna soba poseduje laminat, bez ikakvih pukotina i razmaka među spojevima, dok su u spavaćoj sobi stare lesanit ploče, koje imaju značajan razmak na spojevima. Pod u sobi nije obnavljan od perioda izgradnje kuće. Ovako visoke koncentracije ukazuju da je dominantan izvor radona tlo ispod objekta, s obzirom na to da je zemljište na kome je objekat izgrađen bilo obradivo i da kuća nema betonsku ploču.

Neki autori su došli do zaključaka, da tip zemljišta koji sadrži najveći procenat gline i humusa u najvećoj meri adsorbuje i zadržava radon u zemljištu i doprinosi povišenim koncentracijama radona u zatvorenom, odnosno radonskom potencijalu [5]. Debljina spoja na podu doprinosi ukupnoj koncentraciji radona u zatvorenom i to od 31 % (debljina spoja 1 mm) do 62 % (debljina spoja 2 mm) [12], što može i biti razlog razlike u koncentraciji između prostorija iste kuće, zbog različite vrste podne obloge.

Srednja godišnja koncentracija radona u stanovima ruralnog područja je 1,7 puta veća od one u stanovima urbanog područja, a u stanovima porodičnih kuća je 2,3 puta veća od one u stanovima kolektivnih stambenih zgrada [13]. Uz to, stariji objekti uglavnom imaju povišenu koncentraciju radona.



Slika1. Varijacije koncentracija radona u dnevnoj (slika-gore) i spavaćoj (slika-dole) sobi prizemne porodične kuće

#### 4. Zaključak

Ponovljena merenja u porodičnoj kući, nesumnjivo pokazuju konstantno prisustvo visokih koncentracija radona, čemu u znatnoj meri doprinose položaj mesta, geološka struktura područja, blizina rudnika „Trepča“, i aktivnog rudnika „Stari Trg“, gde se vrše iskopavanja. S obzirom da je radon detektovan u većim koncentracijama u još nekoliko kuća u istom mestu, to može biti interesantan teren u smislu pronalaženja i identifikovanja područja sklonim radonu. U ovakvim objektima je potrebno sprovesti mere remedijacije. Istraživanja će se i dalje nastaviti uz uključivanje i praćenje ostalih parametara koji se mogu dovesti u vezu sa povišenom koncentracijom radona

#### 5. Zahvalnica

Rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije Ugovorom br. 451-03-9/2021-14/200123.

#### 6. Literatura

- [1] S. Darby et al. Residential radon and lung cancer: detailed results of a collaborative analysis of individual data on 7148 subjects with lung cancer and 14208 subjects without lung cancer from 13 epidemiologic studies in Europe. *Scand. J. Work Environ. Health*. 32 (2006) Suppl1 1-83.
- [2] D. Krewski et al. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer. *J. Toxicol. Environ. Health A*, 69 (2006) 533-597.
- [3] J.H. Lubin et al. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies. *Int J Cancer*. 109 (2004) 132-137
- [4] World Health Organisation, *WHO Handbook on Indoor Radon*. 2009. WHO, Geneva.
- [5] S. Forkapić, D. Maletić, J. Vasin, K. Bikit, D. Mrđa, I. Bikit, V. Udovičić, R. Banjanac. Korišćenje multivarijantne analize za predviđanje geogenog radonskog potencijala. *Zbornik radova XXIX simpozijuma Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore*. Urednici Jelena Stanković Petrović i Gordana Pantelić, 27 – 29. Septembar 2017, Srebrno jezero 2017, 210-219.
- [6] Council directive 2013/59/EURATOM of laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation. Office Journal of the European Union, 5 December 2013; L13: 1-73
- [7] M. Eremić Savković, V. Udovičić, D. Maletić, G. Pantelić, P. Ujić, I. Čeliković, S. Forkapić, V. Marković, V. Arsić, J. Ilić, B. Markoski. Results of the first national indoor radon survey performed in Serbia. *J. Radiol. Prot.* 40 (2020) N22.
- [8] Strategija ekonomskog razvoja opštine Zvečan 2014 – 2015
- [9] Lj. Gulan, Dj. Ivanović, B. Vučković. Analiza uticaja različitih građevinskih materijala na nivo radona u kućama starije gradnje. *Zbornik radova XXX simpozijuma Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore*. Urednici: Mihajlo Jović i Gordana Pantelić, 2-4. oktobar 2019, Divčibare 2019, 258 – 266.
- [10] Geološki Atlas Srbije, Ministarstvo za zaštitu prirodnih bogatstava i životne sredine Republike Srbije, 2002. Bareks, Beograd.
- [11] Lj. Gulan. Radon i toron u vazduhu zatvorenih prostorija na Kosovu i Metohiji: korelacija i mape rizika, Monografija, Akademska misao, Beograd, 2015.

- [12] E. Munoz, B. Frutos, M. Olaya, J. Sanchez. A finite element model development for simulation of the impact of slab thickness, joints, and membranes on indoor radon concentration. *Journal of Environmental Radioactivity* 177 (2017) 280 – 289.
- [13] P. Vukotić, N. Antović, R. Zekić, N. Svrkota, T. Anđelić, R. Svrkota, R. Mrdak, A. Đurović, A. Dlabač, N. Bjelica, T. Đurović, M. Bogićević. Istraživanje radona u stanovima u Crnoj Gori. *Zbornik radova XXIX simpozijuma Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore*. Urednici Jelena Stanković Petrović i Gordana Pantelić, 27 – 29. Septembar 2017, Srebrno jezero 2017, 161-167.

---

**HIGH INDOOR RADON CONCENTRATIONS IN A FAMILY HOUSE NEAR  
KOSOVSKA MITROVICA****Dušica SPASIĆ and Ljiljana GULAN**

*University of Priština in Kosovska Mitrovica, Faculty of Sciences and Mathematics,  
Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Serbia, [dusica.spasic@pr.ac.rs](mailto:dusica.spasic@pr.ac.rs),  
[ljiljana.gulan@pr.ac.rs](mailto:ljiljana.gulan@pr.ac.rs)*

**ABSTRACT**

This paper presents the results of indoor radon measurements in a family house near Kosovska Mitrovica in the period from 24.03.2020 - 31.05.2020. The measurement interval included the period of declaring a state of emergency caused by the COVID-19 pandemic. Radon concentration was measured with two active radon detectors (Airthings Corentium Home) placed in the living room and bedroom of a house over 30 years old. The values of radon concentrations which were read daily ranged from 368-1290 Bq/m<sup>3</sup> in the living room and 796-2330 Bq/m<sup>3</sup> in the bedroom; the mean values for this period were: 710 Bq/m<sup>3</sup> and 1377 Bq/m<sup>3</sup>, respectively. The Directive of the Council of the European Union (Directive 2013/59/EURATOM) requires Member States to set national reference levels for the concentration of radon in workplaces and dwellings not exceeding 300 Bq/m<sup>3</sup>. The measured values can indicate the geogenic potential of radon, but also the influence of technological activity from the nearby mining complex "Trepča", which could change the concentrations of natural radioactive materials in the living environment.