



# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXX СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

2. - 4. октобар 2019. године  
Хотел “Дивчибаре”, Дивчибаре, Србија

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



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Дивчибаре  
2- 4. октобар 2019. године**

**Београд  
2019. године**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# PROCEEDINGS

**XXX SYMPOSIUM RPSSM  
Divčibare  
2<sup>nd</sup> - 4<sup>th</sup> October 2019**

**Belgrade  
2019**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
2-4.10.2019.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Проф. др Снежана Пајовић, научни саветник  
в.д. директора Института за нуклеарне науке Винча

Уредници:

Др Михајло Јовић  
Др Гордана Пантелић

**ISBN 978-86-7306-154-2**

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Михајло Јовић, Гордана Пантелић

Електронско издање:

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

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2019.

## СЕЗОНСКЕ ВАРИЈАЦИЈЕ КОНЦЕНТРАЦИЈЕ РАДОНА

**Гордана ПАНТЕЛИЋ, Милица Рајачић, Јелена КРНЕТА НИКОЛИЋ,  
Ивана ВУКАНАЦ, Милош ЖИВАНОВИЋ, Игор ЧЕЛИКОВИЋ,  
Драгана ТОДОРОВИЋ, Марија ЈАНКОВИЋ, Наташа САРАП  
и Мирјана РАДЕНКОВИЋ**

*Универзитет у Београду, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд,  
Србија, [pantelic@vinca.rs](mailto:pantelic@vinca.rs), [milica100@vinca.rs](mailto:milica100@vinca.rs), [jnikolic@vinca.rs](mailto:jnikolic@vinca.rs),  
[vukanac@vinca.rs](mailto:vukanac@vinca.rs), [milosz@vinca.rs](mailto:milosz@vinca.rs), [icelikovic@vinca.rs](mailto:icelikovic@vinca.rs), [beba@vinca.rs](mailto:beba@vinca.rs),  
[marijam@vinca.rs](mailto:marijam@vinca.rs), [natasas@vinca.rs](mailto:natasas@vinca.rs), [mirar@vinca.rs](mailto:mirar@vinca.rs)*

### САДРЖАЈ

*Након измерене високе концентрације радона у три просторије у једној кући почетком 2018. године, настављено је испитивање концентрације у свим годишњим добима, а број просторија је повећан на пет. Као што је очекивано, концентрација радона је у току летњих месеци била много мања него у зимском периоду, првенствено због сталног проветравања. У осталим годишњим добима уочена је велико повећање концентрације радона са смањењем спољашње температуре. Такође је уочено смањење концентрације радона у свим просторијама наредне зиме, за приближно исти хладни период, када је уместо угља коришћен дрвени пелет.*

### 1. Увод

Епидемиолошке студије су потврдиле да дуготрајна изложеност повишеној концентрацији радона у затвореном простору повећава ризик од добијања рака плућа код становништва. У многим земљама је то други највећи узрочник рака, после пушења. Од укупног броја оболелих од рака плућа око 3% до 14% је узроковано радоном [1].

Концентрација радона у затвореном простору веома варира и у току једног дана и у току године. На ове варијације утичу многобројни фактори, као што су пропустљивост и врста земљишта, одосно геолошки фактори, грађевински материјал који је коришћен за изградњу стамбених објеката, климатски фактори (температура, влажност и притисак ваздуха), животне навике становништва (на пример фреквенција проветравања просторија).

У оквиру националног програма мерења концентрације радона у Србији коришћени су пасивни детектори у којима се региструје алфа зрачење [2]. Број ових детектора је био недовољан за све заинтересоване који су желели да се испита концентрација радона у њиховим становима.

За прелиминарна испитивања могу се користити детектори са активним угљем који се излажу краткорочно. Метод мерења (US EPA 520/5-87-005) се заснива на адсорпцији радона на активном угљу и мерењу гама зрачења радонових потомака ( $^{214}\text{Pb}$  и  $^{214}\text{Bi}$ ) [3]. Ова метода се сматра скрининг методом и најчешће се користи за брзу идентификацију места на којима се сумња да постоји повећана

концентрација радона у ваздуху, а због сезонске варијације се препоручује да се та мерења понове више пута. За процену изложености становништва препоручено је да се обаве дугорочна мерења другим методама. Међутим наша претходна истраживања су показала да не постоји статистички значајна разлика између ове две методе, уколико се скрининг метода понавља више пута у дужем временском периоду [4].

## 2. Метода

За испитивање концентрације радона у стамбеним просторијама коришћени су детектори са активним угљем [3]. Угљени филтери су отворани и излагани у затвореним просторијама 2-3 дана. Детектори су постављани на 1 m висине од пода и зидова, приближно на исто место током поновљених мерења, а станари су замољени да прозоре држе затворене и да што мање проветравају просторије. После затварања филтера мерење је вршено након успостављања равнотеже између радона и његових потомака (најмање 3 часа) на NaI детектору. Калибрација детектора је вршена са стандардом  $^{226}\text{Ra}$  (сертификат 1035-SE-40869-17, Czech Metrological Institute) познате активности у истој геометрији.

Гамаспектрометријска испитивања узорака вршена су на чистом германјуском детектору Canberra, ефикасности 50% и резолуције 1,9 keV на 1,33 MeV. Узорци су припремани и мерени по стандардној методи [5]. Калибрација детектора је вршена за сваку геометрију узорака и матрикс [6].

Температура и влажност је праћена преко Метеоролошке станице Републичког хидрометеоролошког завода у Београду.

## 3. Резултати и дискусија

У току јануара 2018. године измерена је висока концентрације радона у три просторије у једној кући у Гроцкој користећи методу адсорпције на активном угљу. Мерење је поновљено у марту у истим просторијама, а онда је повећан број просторија на пет и мерење је поновљено још 4 пута. Спаваће собе, дневна соба и кухиња су у приземљу и испод њих нема подрума, а подрум је дозидан са стране куће. Подови у собама су од бетона, преко кога је стављен ламинат, а у кухињи су преко бетона стављене плочице.

Резултати мерења концентрације радона у различитим просторијама су приказани у табели 1 и на слици 1.

Табела 1. Концентрација радона у једној кући у Гроцкој ( $\text{Bq/m}^3$ ).

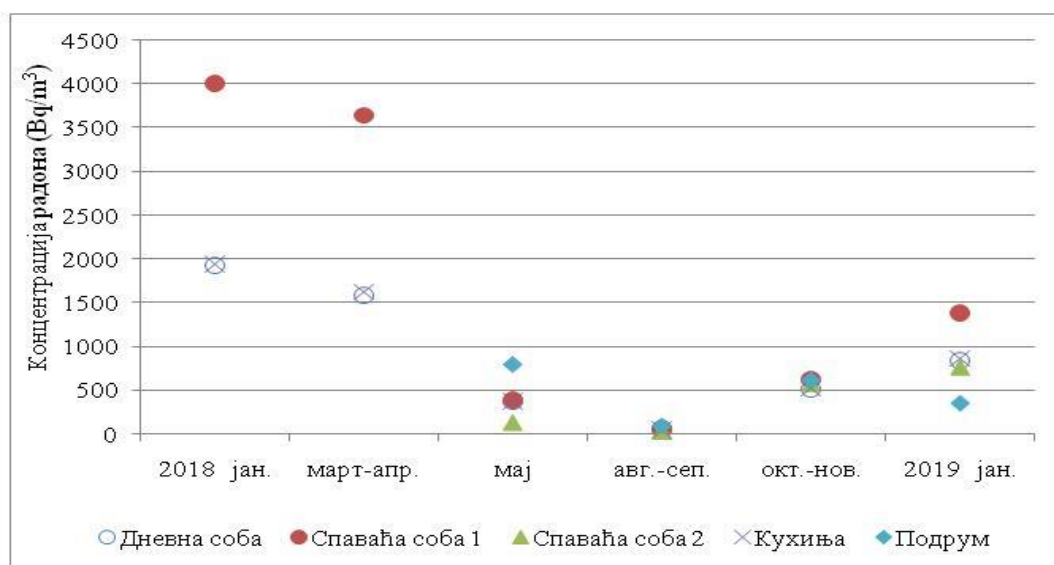
| Година и месец мерења | 2018. година                             |                |              |                  |                  | 2019.         |
|-----------------------|--|----------------|--------------|------------------|------------------|---------------|
|                       | Јануар                                   | Март-Април     | Мај          | Август-Септембар | Октобар-Новембар | Јануар        |
| Просторија            | Концентрација радона ( $\text{Bq/m}^3$ ) |                |              |                  |                  |               |
| Дневна соба           | $1930 \pm 80$                            | $1590 \pm 67$  | $371 \pm 19$ | $53 \pm 8$       | $520 \pm 24$     | $840 \pm 36$  |
| Спаваћа соба 1        | $4010 \pm 160$                           | $3640 \pm 150$ | $384 \pm 19$ | $57 \pm 8$       | $620 \pm 28$     | $1380 \pm 57$ |
| Спаваћа соба 2        | -  | -              | $130 \pm 10$ | $27 \pm 8$       | $580 \pm 26$     | $770 \pm 33$  |
| Кухиња                | $1940 \pm 80$                            | $1620 \pm 68$  | $378 \pm 19$ | $47 \pm 8$       | $520 \pm 25$     | $860 \pm 37$  |
| Подрум                | -  | -              | $790 \pm 35$ | $89 \pm 9$       | $610 \pm 28$     | $348 \pm 16$  |

Резултати гамаспектрометријских испитивања узорка земљишта који је узет поред куће у дворишту, грађевинског материјала (сипорекс, цигла, малтер) који је коришћен за изградњу куће, и две врсте угља које су коришћене за грејање у зимском периоду 2017/2018. године дати су у табели 2. У зимском периоду 2018/2019. године за грејање је коришћен дрвени пелет. Резултати показују да је највећа активност  $^{226}\text{Ra}$  у сипорексу и једном узорку угља (тип 1).

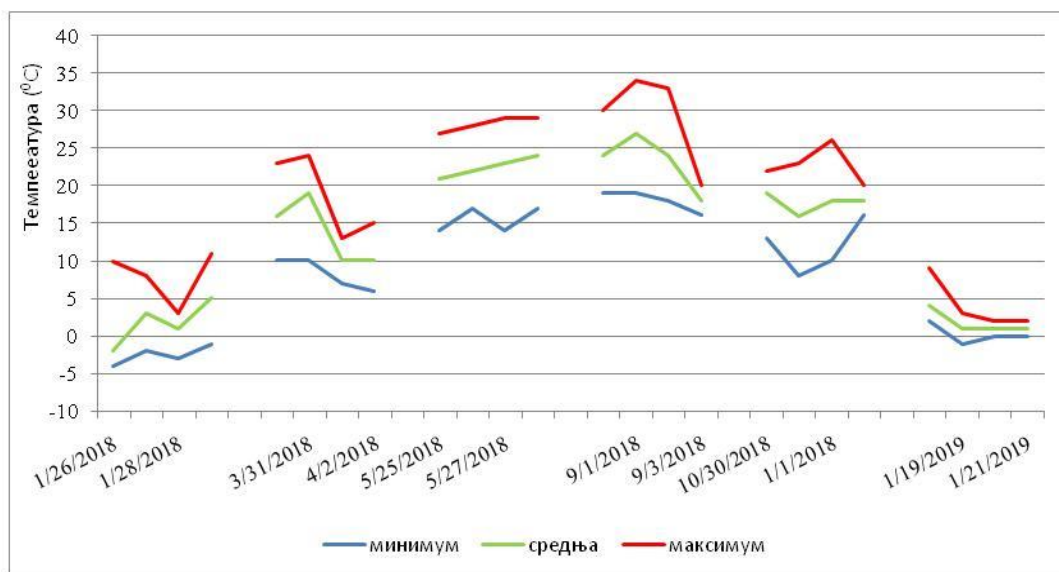
Табела 2. Активност радионуклида у измереним узорцима.

| Радионуклид           |          | $^{226}\text{Ra}$ | $^{232}\text{Th}$ | $^{238}\text{U}$ | $^{40}\text{K}$ |
|-----------------------|----------|-------------------|-------------------|------------------|-----------------|
| Врста узорка          |          | Активност (Bq/kg) |                   |                  |                 |
| Земљиште око куће     |          | $38 \pm 3$        | $41 \pm 4$        | $< 12$           | $460 \pm 30$    |
| Грађевински материјал | сипорекс | $100 \pm 20$      | $< 10$            | $< 20$           | $160 \pm 60$    |
|                       | цигла    | $40 \pm 10$       | $60 \pm 20$       | $< 10$           | $520 \pm 90$    |
|                       | малтер   | $60 \pm 10$       | $20 \pm 7$        | $< 5$            | $330 \pm 50$    |
| Угаљ                  | тип 1    | $70 \pm 20$       | $< 10$            | $< 6$            | $< 60$          |
|                       | тип 2    | $19 \pm 5$        | $18 \pm 6$        | $< 4$            | $170 \pm 40$    |

У овој кући је уочена је сезонска варијација радона у свим просторијама, при чему су зими концентрације највеће у најхладнијем периоду када нема проветравања и кад је коришћен угаљ за загревање просторија. Температуре у јануару 2019. године су приближно биле исте као у јануару 2018. године (у време излагања угљених филтера, слика 2), али измерена концентрација радона у свим просторијама у којима је вршено мерење је 2-3 пута мања (слика 1). Загревање просторија у јануару 2019. године је било у највећој мери дрвеним пелетима. Пошто је спољашња температура ваздуха била слична температури ваздуха из претходне године, а концентрације радона у кући неколико пута мање, претпостављамо да је претходне године велики допринос за високу концентрацију радона у кући био из угља.



Слика 1. Концентрација радона у различитим просторијама у кући.



Слика 2. Температура ваздуха у Београду (јануар 2018-јануар 2019).

Власницима су дате препоруке и савети за чешће проветравање просторија и побољшање хидроизолације у кући. У наредном периоду се планира дуготрајно мерење траг детекторима ради поуздане процене дозе за станаре ове куће, као и анализа типа земљишта и пропустљивости.

#### 4. Закључак

У овом раду су приказани резултати праћења концентрације радона у више просторија у једној породичној кући у свим годишњим добима. Резултати мерења показују сезонску варијацију концентрације радона у свим просторијама, као и смањење концентрације радона у свим просторијама наредне зиме, за приближно исти хладни период, када је уместо угља коришћен дрвени пелет.

#### 5. Захвалница

Овај рад је финансијски подржан од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије (пројекти Р171018 и П43009).

#### 6. Литература

- [1] *WHO Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective*. Geneva: World Health Organization, 2009.
- [2] V. Udovičić, D. Maletić, M. Eremić Savković, G. Pantelić, P. Ujić, S. Forkapić, N. Stevanović, V. Marković, V. Arsić. First steps towards national radon action plan in Serbia, *Nukleonika*, 61(3), 2016, 361-365.
- [3] D. J. Grey, S. T. Windham. *EERF Standard Operating Procedures for Radon-222 Measurement Using Charcoal Canisters*, EPA 520/5-87-005, 1987.
- [4] М. Живановић, Г. Пантелић, М. Рајачић, Ј. Крнета Николић, Д. Тодоровић.



Поређење резултата мерења концентрације радона помоћу угљених канистара и траг детектора. *Зборник радова XXIX симпозијума Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе*. Уредници: Јелена Станковић Петровић и Гордана Пантелић, 27-29. септембар 2017, Сребрно језеро, 2017, 507-512.

- [5] *Measurements of Radionuclides in Food and Environment, Method for Determining Gamma Emitters*, IAEA Technical Reports Series No. 295, Vienna, 1989.
- [6] I. Vukanac, M. Đurašević, G. Pantelić, J. Krneta Nikolić, M. Rajačić, M. Janković, N. Sarap, D. Todorović. Preparation of laboratory radioactive standards for experimental calibration in gamma ray spectrometry. *Book of Abstracts, 22<sup>nd</sup> International Conference on Radionuclide Metrology*, 27-31 May 2019, Salamanca, 2019, GS-147.

## INDOOR RADON SEASONAL VARIABILITY

**Gordana PANTELIĆ, Milica Rajačić, Jelena KRNETA NIKOLIĆ,  
Ivana VUKANAC, Miloš ŽIVANOVIĆ, Igor ČELIKOVIĆ,  
Dragana TODOROVIĆ, Marija JANKOVIĆ, Nataša SARAP  
and Mirjana RADENKOVIĆ**

*University of Belgrade, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Serbia,  
pantelic@vinca.rs, milica100@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs, vukanac@vinca.rs,  
milosz@vinca.rs, icelikovic@vinca.rs, beba@vinca.rs, marijam@vinca.rs,  
natasas@vinca.rs, mirar@vinca.rs*

### ABSTRACT

The high radon concentrations were measured in three rooms in one house at the beginning of 2018. After that, radon testing was continued during all seasons and the number of rooms was increased to five. As expected, the concentration of radon during the summer was much lower than in the winter period, primarily due to constant natural ventilation. In other seasons, a large increase in radon concentration with a decrease in the outside temperature was observed. There was also a decrease in radon concentrations in all rooms in the following winter, in approximately the same cold period, when wood pellets were used instead of coal.