

# ЗБОРНИК РАДОВА



## XXXI Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе



**06-08. октобар 2021.  
Београд, Србија**

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



# **ЗБОРНИК РАДОВА**

**XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Београд  
06-08. октобар 2021.**

**Београд  
2021.**

**RADIATION PROTECTION SOCIETY OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



**PROCEEDINGS**

**XXXI SYMPOSIUM RPSSM  
Belgrade  
6<sup>th</sup> - 8<sup>th</sup> October 2021**

**Belgrade  
2021**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXI СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

06-08.10.2021.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Ивана Вуканац  
Др Милица Рајачић

e-ISBN 78-86-7306-161-0

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милица Рајачић, Милош Ђалетић, Наташа Сарап

Електронско издање:

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

Година издања:

Октобар 2021.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:  
Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International  
License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Ова лиценца дозвољава само преузимање и дистрибуцију дела, ако/док се правилно назначавача име аутора, без икаквих промена дела и без права комерцијалног коришћења дела.



## SADRŽAJ RADIONUKLIDA U IZVORSKIM VODAMA U OKOLINI SMEDEREVSKE PALANKE

**Marija JANKOVIĆ, Milica RAJAČIĆ, Jelena KRNETA NIKOLIĆ,  
Ivana VUKANAC, Dragana TODORVIĆ,  
Gordana PANTELIC i Nataša SARAP**

*Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija, [marijam@vinca.rs](mailto:marijam@vinca.rs), [milica100@vinca.rs](mailto:milica100@vinca.rs), [jnikolic@vinca.rs](mailto:jnikolic@vinca.rs), [vukanac@vinca.rs](mailto:vukanac@vinca.rs), [beba@vinca.rs](mailto:beba@vinca.rs), [pantelic@vinca.rs](mailto:pantelic@vinca.rs), [natasas@vinca.rs](mailto:natasas@vinca.rs)*

### SADRŽAJ

*U radu su prikazani rezultati merenja radioaktivnosti u izvorskim vodama u okolini Smederevske Palanke. Određivanje sadržaja radionuklida urađeno je gama-spektrometrijskom metodom sa HPGe detektorom, dok je za merenje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u uzorcima korišćen gasni proporcionalni alfa beta brojač THERMO-EBERLINE FHT 770T. Uzorci su sakupljeni tokom proleća 2021. godine. Dobijeni rezultati upoređeni su sa dozvoljenim vrednostima sadržaja radionuklida u vodi za piće propisanim Zakonskom regulativom.*

### 1. Uvod

Prema zakonskoj regulativi u Republici Srbiji, voda za piće podleže određivanju ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti i gamaspektrometrijskoj analizi. Ukoliko su izmerene vrednosti ukupne alfa ili ukupne beta aktivnosti veće od Pravilnikom definisanih parametarskih vrednosti, vrši se određivanje sadržaja pojedinačnih radionuklida specifičnim metodama [1]. U vodama, prirodna radioaktivnost potiče od izotopa uranijuma i torijuma  $^{238,235}\text{U}$  i  $^{232}\text{Th}$  kao i od njihovih potomaka, zatim od  $^{40}\text{K}$ . Pored prirodnih radionuklida, u vodama se mogu naći i proizvedeni radionuklidi ( $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ), kao posledica nuklearnih akcidenata i proba [2].

Cilj ovog rada je određivanje sadržaja ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti i spektrometrija gama emitera u izvorskim vodama u okolini Smederevske Palanke, s obzirom da se vode sa tih izvora koriste za piće.

Opština Smederevska Palanka nalazi se u Podunavskom okrugu. Kroz područje opštine protiču reke Jasenica, Kubršnica i Mali Lug. Posebnu vrednost područja predstavljaju izvorišta mineralne i termomineralne vode. Najznačajniji izvor mineralne vode je Palanački Kiseljak. Zbog obilja minerala, posebno selena, spada u lekovite vode. U okolnim selima nalaze se i drugi izvori, uključujući i izvori mineralne kisele vode u Cerovcu i Vodicama kao i izvori prirodnih voda. Voda sa Palanačkog Kiseljaka se koristi još od 1719. godine. Izvor mineralne kisele vode "Palanački Kiseljak" kaptiran je 1934. godine i nosi ime poznatog akademika i hemičara dr Marka Leke. U Smederevskoj Palanci pored crkve "Svete Petke" nalazi se izvor prirodne vode iz 2007. koja potiče sa velikih dubina. U selu Vodice nalazi se izvor "Vidovača" iz 1908. godine, dok se u neposrednoj okolini u istom selu nalazi i izvor kisele vode iz 1963. godine. Fotografije izvora prikazane su na slici 1.



Slika 1. Izvori vode u okolini Smederevske Palanke.

## 2. Eksperimentalni deo

Uzorci izvorskih voda sakupljeni su u okolini Smederevske Palanke (izvor prirodne vode kod crkve "Sveta Petka" u Smederevskoj Palanci, izvor kisele vode "Palanački Kiseljak", izvor prirodne vode "Vidovača" u selu Vodice i izvor kisele vode u selu Vodice). Priprema uzoraka za merenje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti i za gamaspektrometrijsku analizu podrazumeva uparavanje određene zapremine do suvog ostatka i mineralizaciju na 450 °C. U uzorcima sa niskim koncentracijama radionuklida potrebno je upariti što veću zapreminu vode. Određivanje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti urađeno je metodom EPA [3], dok se za gamaspektrometrijsku analizu koristi metoda IAEA Technical Reports Series No. 295 [4].

Za određivanje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti, uzorci su mereni na gasnom proporcionalnom brojaču THERMO-EBERLINE FHT 770T. Efikasnost merenja alfa

zračenja je 26 %, a za beta zračenje je 35 %. Kalibracija je urađena sertifikovanim radioaktivnim standardima  $^{241}\text{Am}$  i  $^{90}\text{Sr}$ . Vreme merenja uzoraka je 14400 s. Spektrometrija gama emitera urađena je na HPGe detektorima relativnih efikasnosti 20 % i 50 %, firme CANBERRA. Rezolucija detektora je 1,8 keV na energiji od 1332 keV. Za kalibraciju detektora korišćen je referentni radioaktivni materijal u geometriji plastične kutije od  $125\text{ cm}^3$ , koji je dobijen od sertifikovanog radioaktivnog rastvora, Czech Metrology Institute, Praha, 1035-SE-40844-17, type ERX, ukupne aktivnosti 79,89 kBq na dan 22.12.2017. godine ( $^{241}\text{Am}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ). Svi rezultati merenja predstavljaju se sa mernom nesigurnošću, koja je izražena kao proširena merna nesigurnost za faktor  $k = 2$ , koji za normalnu raspodelu odgovara nivou poverenja od 95 %.

### 3. Rezultati i diskusija

U tabeli 1 prikazani su rezultati merenja sadržaja gama emitera i ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u izvorskim vodama u okolini Smederevske Palanke.

**Tabela 1. Sadržaj radionuklida i sadržaj ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u izvorskim vodama (rezultati su predstavljeni u Bq/l).**

Lokacija	Izvor vode kod crkve "Sveta Petka": Smed. Palanka	Izvor vode: "Palanački Kiseljak"	Izvor vode: "Vidovača"- Vodice	Izvor kisele vode: Vodice
<b>Ukupna alfa aktivnost</b>	< 0,09	$0,27 \pm 0,08$	< 0,07	< 0,05
<b>Ukupna beta aktivnost</b>	$0,10 \pm 0,02$	$0,8 \pm 0,1$	< 0,06	< 0,07
$^{210}\text{Pb}$	< 0,1	< 0,1	< 0,09	< 0,008
$^{238}\text{U}$	< 0,05	< 0,06	< 0,04	< 0,1
$^{235}\text{U}$	< 0,004	< 0,003	< 0,002	< 0,004
$^{226}\text{Ra}$	< 0,03	$0,32 \pm 0,02$	$0,15 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,01$
$^{232}\text{Th}$	< 0,01	$0,14 \pm 0,01$	$0,014 \pm 0,005$	< 0,02
$^{40}\text{K}$	< 0,09	$2,2 \pm 0,2$	$0,12 \pm 0,02$	< 0,1
$^{137}\text{Cs}$	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,004

U ispitivanim uzorcima koncentracije prirodnih radionuklida  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  i proizvedenog radionuklida  $^{137}\text{Cs}$  su ispod minimalne detektabilne koncentracije. U uzorcima sa izvora "Palanački Kiseljak" i "Vidovača" detektovani su prirodni radionuklidi  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  i  $^{40}\text{K}$ , dok je u uzorku sa izvora kisele vode u Vodicama detektovan samo  $^{226}\text{Ra}$ . Svi gama emiteri u uzorku sa izvora kod crkve su ispod minimalne detektabilne koncentracije. Dobijeni rezultati gamaspektrometrijske analize za sve ispitivane uzorke su ispod izvedenih koncentracija propisanih Pravilnikom [1]. U uzorcima sa izvora kod crkve, "Vidovača" i "Vrelo", vrednosti ukupne alfa aktivnosti su manje od 0,1 Bq/l (dozvoljena vrednost propisana Pravilnikom [1]). U uzorku sa izvora "Palanački Kiseljak" detektovana je ukupna alfa aktivnost vrednosti 0,27 Bq/l koja je iznad vrednosti definisanih Pravilnikom. Međutim, gamaspektrometrijskom analizom datog uzorka, detektovani su prirodni radionuklidi, alfa emiteri, čije su vrednosti ispod dozvoljenih. U svim ispitivanim uzorcima ukupna beta aktivnost je manja od vrednosti propisanih Pravilnikom, 1,0 Bq/l.

### 4. Zaključak

Rezultati analize sadržaja pojedinačnih radionuklida kao i ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u uzorcima pijaćih voda sa izvora u okolini Smederevske Palanke pokazuju da su dobijene vrednosti u skladu sa važećom zakonskom regulativom.

### 5. Zahvalnica

Istraživanje je finansirano od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (evidencioni broj ugovora: 451-03-9/2021-14/ 200017).

### 6. Literatura

- [1] Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet. Sl. gl. RS 36/18, 2018.
- [2] M. M. Jankovic, N. B. Sarap, D.J. Todorovic, J. D. Joksic, Natural and artificial (90Sr) radionuclides in some carbonated mineral waters used in Serbia, *Nuclear Technology & Radiation Protection*, 28 (3), 2013, 284-292
- [3] Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water, Method 900.0, EPA-600/4-80-032, 1980.
- [4] Measurements of Radionuclides in Food and Environment, Method for Determining Gamma Emitters, IAEA Technical Reports Series No. 295, Vienna, 1989.



**CONTENT OF RADIONUCLIDES IN SPRING WATERS IN THE VICINITY  
OF SMEDEREVSKA PALANKA**

**Marija JANKOVIĆ, Milica RAJAČIĆ, Jelena KRNETA NIKOLIĆ,  
Ivana VUKANAC, Dragana TODORVIĆ,  
Gordana PANTELIĆ and Nataša SARAP**

*"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, National Institute of the Republic of Serbia,  
University of Belgrade, Belgrade, Serbia, Radiation and Environmental Protection  
Department, Belgrade, Serbia, [marijam@vinca.rs](mailto:marijam@vinca.rs), [milica100@vinca.rs](mailto:milica100@vinca.rs),  
[jnikolic@vinca.rs](mailto:jnikolic@vinca.rs), [vukanac@vinca.rs](mailto:vukanac@vinca.rs), [beba@vinca.rs](mailto:beba@vinca.rs), [pantelic@vinca.rs](mailto:pantelic@vinca.rs),  
[natasas@vinca.rs](mailto:natasas@vinca.rs)*

**ABSTRACT**

The results of gamma spectrometric analysis and determination of gross alpha and gross beta activity in spring waters in the vicinity of Smederevska Palanka are presented in this paper. Determination of radionuclide content was performed with HPGe gamma spectrometry, while determination of gross alpha and gross beta activity was performed using gas proportional alpha/beta counter THERMO-EBERLINE FHT 770T. Samples were collected in spring of 2021. The obtained results were compared with the permitted values of radionuclide content in drinking water prescribed by the Legislation.