

# PROIZVEDENI RADIONUKLIDI U REČNOM SEDIMENTU REKE DUNAV

## ARTIFICIAL RADIONUCLIDES IN THE RIVER SEDIMENT OF THE DANUBE

**Marija Janković\***,  
**Nataša Sarap,**  
**Milica Rajačić,**  
**Jelena Krneta Nikolić,**  
**Dragana Todorović,**  
**Ivana Vukanac,**  
**Gordana Pantelić,**  
**Vojislav Stanić**

\*marijam@vinca.rs

Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine Mike Petrovića Alasa 12-14, 11001 Beograd, Srbija

Radiation and Environmental Protection Department, "Vinča" Institute of Nuclear Sciences - National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

### Sažetak

*U radu su prikazani rezultati određivanja koncentracije proizvedenih radionuklida  $^{90}\text{Sr}$  i  $^{137}\text{Cs}$  u rečnom sedimentu reke Dunav u Beogradu u 2020. godini. Rezultati su dobijeni u okviru sistematskog ispitivanja nivoa radioaktivnosti u životnoj sredini na teritoriji Beograda. Za analizu sadržaja  $^{90}\text{Sr}$  primenjena je radiohemijska metoda, dok je određivanje sadržaja  $^{137}\text{Cs}$  urađeno gamaspektrometrijskom analizom. Dobijene vrednosti proizvedenih radionuklida u rečnom sedimentu ne predstavljaju rizik po životnu sredinu.*

**Ključne reči:** radioaktivnost;  $^{90}\text{Sr}$ ;  $^{137}\text{Cs}$ ; rečni sediment; Dunav

### Summary

*The paper presents the results of activity concentrations of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  in the river sediment of the Danube in Belgrade for 2020. The results were obtained as part of a systematic examination of the radioactivity level in the environment in Belgrade. For determination of  $^{90}\text{Sr}$  content, radiochemical method was used, while determination of  $^{137}\text{Cs}$  content was done by gamma spectrometric analysis. The obtained values of artificial radionuclides in Danube river sediment do not pose a risk to the environment.*

**Keywords:** Organic production, state incentives, agriculture, Republic of Serbia.

### UVOD

Program sistematskog ispitivanja radioaktivnosti u životnoj sredini na teritoriji grada Beograda obuhvata ispitivanje sadržaja radionuklida u vazduhu, padavinama, vodi za piće, površinskim vodama, sedimentu, zemljištu, životnim namirnicama i određivanje koncentracije radona [1].

Analiza uticaja sadržaja radionuklida na životnu sredinu je od velikog značaja. Reka Dunav velikim svojim delom protiče kroz Srbiju, i ima dosta pritoka, pa je određivanje sadržaja prirodnih i proizvedenih radionuklida u površinskoj vodi, rečnom sedimentu, zemljištu, ribama bitna kako za životnu sredinu tako i za stanovništvo. Redovan monitoring radioaktivnosti reke Dunav je neophodan i na drugim lokacijama u Srbiji osim u Beogradu, s obzirom na činjenicu da se uzvodno od Srbije u Mađarskoj nalazi nuklearna elektrana Paks.

Sediment u površinskim vodama velikim delom vodi poreklo iz površinske erozije zemljišta i uglavnom se sastoji od mineralne komponente. Dodatna organska komponenta nastaje biološkim aktivnostima unutar vodene sredine. Sediment se akumulira na dnu vodenog tela i može sadržati

toksične ili hazardne materije koje mogu negativno uticati na ljudsko zdravlje i okolinu [2].

Pored prirodnih radionuklida koji se nalaze u životnoj sredini, razvojem nuklearnih reaktora i testiranjem nuklearnog oružja, u prirodu su dospeli i veštački (proizvedeni) radionuklidi:  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ . Tokom intenzivnih nadzemnih proba (testiranja) nuklearnog oružja u periodu od 1945-1980. godine u atmosferu je emitovano  $10^{16}$  Bq dugoživećeg radionuklida  $^{137}\text{Cs}$ , i  $10^{17}$  Bq dugoživećeg radionuklida  $^{90}\text{Sr}$ . Za vreme nuklearnih akcidenata u Černobilju i Fukušimi u atmosferu je emitovano  $10^{15}$  Bq  $^{137}\text{Cs}$  i  $10^{15}$  Bq  $^{90}\text{Sr}$  [3,4].

$^{90}\text{Sr}$  je čist beta emitter sa vremenom poluraspada od 28,8 godina, dok je  $^{137}\text{Cs}$  gama-beta emitter sa vremenom poluraspada od 30,1 godine [5]. Glavni put eliminacije ovih radionuklida iz atmosfere je putem padavina odakle se deponuju u površinskim vodama, sedimentu i zemljištu. Prisustvo ovih radionuklida danas u uzorcima iz životne sredine je primarno posledica Černobiljskog akcidenta i sekundarno posledica nuklearnih proba. S obzirom da oba radionuklida pripadaju grupi radiotoksičnih elemenata, određivanje njihovih koncentracija u uzorcima iz životne sredine je od velikog značaja.

## METODE RADA

Uzorkovanje sedimenta iz reke Dunav u Beogradu vrši se kvartalno jednom u tri meseca. Uzorkovanje se vrši najdalje moguće od obale koliko uslovi na terenu dopuštaju. Uzeti uzorak potrebno je ocediti od vode i očistiti od prisustva biljnog materijala ili otpadaka koji se u njemu mogu naći. Laboratorijska priprema uzoraka podrazumeva sušenje na 105 °C do konstantne mase i prosejavanje kroz sito. Za gamaspektrometrijsku analizu kojom se određuje sadržaj <sup>137</sup>Cs, uzorak se odmerava u određenu geometriju merenja, dok se za radiohemijsku analizu <sup>90</sup>Sr odvaja 150 g suvog uzorka. Analiza sadržaja <sup>90</sup>Sr urađena je nakon primene radiohemijske metode [6], dok se za analizu <sup>137</sup>Cs koristi metoda [7]. Za određivanje <sup>90</sup>Sr korišćen je gasni proporcionalni niskofonski  $\alpha/\beta$  brojač THERMO-EBERLINE FHT 770T, efikasnosti 35 % za ukupnu beta aktivnost. Kalibracija brojača za merenje beta aktivnosti urađena je sertifikovanim radiokativnim standardom <sup>90</sup>Sr (EM145, Czech Metrology Institute, Praha) sa aktivnošću 189,4 Bq na dan 01.08.2011. godine. Vreme merenja uzoraka je 5400 s. Za merenje sadržaja <sup>137</sup>Cs korišćen je HPGe detektor relativne efikasnosti 18 %. Kalibracija HPGe detektora urađena je sertifikovanim radioaktivnim standardom, matriksa silikonske smole, Czech Metrology Institute, Praha, 1035-SE-40845-17, ukupne aktivnosti 80,63 kBq na dan 22.12.2017. godine (<sup>241</sup>Am, <sup>109</sup>Cd, <sup>139</sup>Ce, <sup>57</sup>Co, <sup>60</sup>Co, <sup>137</sup>Cs, <sup>210</sup>Pb, <sup>85</sup>Sr, <sup>88</sup>Y, <sup>51</sup>Cr, <sup>113</sup>Sn). Vreme merenja uzoraka je 60000 s.

## REZULTATI I DISKUSIJA

Rezultati merenja koncentracije <sup>90</sup>Sr i <sup>137</sup>Cs u rečnom sedimentu reke Dunav za 2020. godinu prikazani su u tabeli 1. Aktivnost <sup>90</sup>Sr je u kvartalnim uzorcima za 2020. godinu ispod minimalne detekcione koncentracije (MDC), dok se aktivnost <sup>137</sup>Cs kreće u opsegu od 1,7 do 2,7 Bq/kg. Zakonska regulativa u Republici Srbiji ne definiše dozvoljene vrednosti proizvedenih radionuklida u rečnom sedimentu. Dobijene vrednosti mogu se uporediti sa postojećim podacima u literaturi za reku Dunav. U literaturi se analiza proizvedenih radionuklida u rečnom sedimentu Dunava vrši u okviru redovnih monitoringa u većini zemalja kroz koje Dunav protiče. Dobijene vrednosti za <sup>90</sup>Sr i <sup>137</sup>Cs u rečnom sedimentu reke Dunav u Austriji, Nemačkoj, Mađarskoj, Hrvatskoj, Srbiji, (gde se uzorci analiziraju na određenom kilometru od ušća) [5], Bugarskoj [8], zatim u Srbiji na različitim lokacijama u Vojvodini [9], Rumuniji [10], upoređive su sa vrednostima dobijenim u ovom radu. Rad [11] analizira, pored prirodnih radionuklida i <sup>137</sup>Cs u sedimentu iz Dunava na različitim lokacijama u Srbiji (Bezdan, Beograd, Smederevo, Ram, Veliko Gradište, Donji Milanovac, Tekija, Kladovo) gde su dobijene vrednosti za <sup>137</sup>Cs neznatno veće od vrednosti dobijenih u ovom radu. U okviru praćenja stanja radioaktivnosti reke Dunav na graničnom profilu sa Mađarskom u toku 2020. godine [12], uzorci sedimenta su analizirani na lokaciji Bezdan, gde se vrednosti <sup>90</sup>Sr i <sup>137</sup>Cs takođe slažu sa vrednostima dobijenim u ovom radu.

Tabela 1. Aktivnosti proizvedenih radionuklida u sedimentu reke Dunav

	Aktivnost <sup>90</sup> Sr (Bq/kg)	Aktivnost <sup>137</sup> Cs (Bq/kg)
I kvartal januar-mart	<0,41	1,7 ±0,2
II kvartal april-jun	<0,73	2,2 ±0,2
III kvartal jul-septembar	<0,58	2,3 ±0,3
IV kvartal oktobar-novembar	<1,04	2,7 ±0,3

## ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata prikazanih u ovom radu može se zaključiti da koncentracije proizvedenih radionuklida u rečnom sedimentu reke Dunav nemaju uticaja na životnu sredinu. <sup>137</sup>Cs koji je detektovan u uzorcima potiče od akcidenta u Černobilju i njegove vrednosti slažu se sa literaturnim podacima za rečni sediment reke Dunav u drugim državama.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je realizovan u okviru programa sistematskog ispitivanja radioaktivnosti u životnoj sredini na teritoriji grada Beograda. Autori se zahvaljuju i Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (evidencioni broj: 451-03-9/2021-14/ 200017).

## LITERATURA

[1] Kvalitet životne sredine u Beogradu u 2018. godini, Urednici: Nataša Petrušić, Slaviša Mladenović, Dragan Pajić, Ivana Ristanović-Ponjavić, Izdavač: Grad

Beograd, Gradska uprava, Sekretarijat za zaštitu životne sredine, ISBN 978-86-912029-6-5, Beograd, 2019.

[2] Republika Srbija Ministarstvo zaštite životne sredine Agencija za zaštitu životne sredine Kvalitet sedimenta reka i akumulacija Srbije, Urednik: Nebojša Veljković, Autori: Nebojša Veljković, Zoran Stojanović, Ljubiša Denić, Tatjana Dopuđa Glišić, Ivana Deršek Timotić, Milica Domanović ISBN 978-86-87159-23-5, Beograd, 2019.

[3] Kazuma Koarai, Yasushi Kino, Atsushi Takahashi, Toshihiko Suzuki, Yoshinaka Shimizu, Mirei Chiba, Ken Osaka, Keiichi Sasaki, Yusuke Urushihara, Tomokazu Fukuda, Emiko Isogai, Hideaki Yamashiro, Toshitaka Oka, Tsutomu Sekine, Manabu Fukumoto, Hisashi Shinoda, <sup>90</sup>Sr specific activity of teeth of abandoned cattle after the Fukushima accident –teeth as an indicator of environmental pollution, Journal of Environmental Radioactivity, 183 (2018) 1-6

[4] Gordana Pantelić, Marija Janković, Jelena Krneta Nikolić, Dragana Todorović, Milica Rajačić, Nataša Sarap, Akcidenti i monitoring radioaktivnosti, Monografija "Černobilj 30 godine posle" p. 19-42, Urednik: Gordana Pantelic, Izdavač: Institut za nuklearne nauke "Vinča", Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita", Drupštvo za zaštitu od

zračenja Srbije i Crne Gore, ISBN: 978-86-7306-138-2, Beograd, 2016.

[5] Franz Josef Maringer, Claudia Ackerl, Andreas Baumgartner, Christopher Burger-Scheidlin, Maria Kocadag, Johannes H. Sterba, Michael Stietka, Jan Matthew Welch, Long-term environmental radioactive contamination of Europe due to the Chernobyl accident - Results of the Joint Danube Survey 2013, [Applied Radiation and Isotopes](#), 126 (2017) 100-105

[6] N. Sarap, M. Janković, G. Pantelić, Validation of radiochemical method for the determination of <sup>90</sup>Sr in environmental samples, *Water Air Soil Pollut.* 225, (2014) 2003-2013

[7] Measurements of Radionuclides in Food and Environment, Method for Determining Gamma Emitters, IAEA Technical Reports Series No. 295, Vienna, 1989.

[8] I. Yordanova, D. Staneva, T. Z. Bineva, Natural and artificial radioactivity in Bulgarian soils along the Danube River, *Journal Central European Agriculture*, 6(1) (2005) 85-90

[9] I. Bikit, J. Slivka, M. Vesković, E. Varga, N. Žikić-Todorović, D. Mrđa, S. Forkapić, Measurement of Danube sediment radioactivity in Serbia and Montenegro using gamma ray spectrometry, *Radiation Measurements*, 41 (2006) 477 – 481

[10] Constantin Borcia, Carmen Rădulescu, Radu Ciucă, Viorel Blendea, Radioactivity of the lower sector of Danube River and the Black Sea coastal zone in relation to some hydrological characteristics, *Ovidius University Annals Series: Civil Engineering*, 19 (2017) 27

[11] I. Tanasković, G. Pantelić, V. Vuletić, J. Javorina, M. Eremić-Savković, D. Jovičić, Radioaktivnost sedimenta reke Dunav na različitim lokacijama, XXII Simpozijum JDZZ, Petrovac 29.09.-01.10. 2003. Zbornik radova, Izdavač: Institut za nuklearne nauke "Vinča", Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja, Urednik: Milojko Kovačević, ISBN 86-7306-061-3, p. 189-191

[12] Izveštaj o praćenju stanja radioaktivnosti reke Dunav na graničnom profilu sa Mađarskom, Beograd, 2021.