

Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

Монографија
ЧЕРНОБИЉ
30 година после

Уредник
др Гордана Пантелић

Београд
2016

Монографија: **ЧЕРНОБИЉ 30 година после**

Издавач: Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за
заштиту од зрачења и заштиту животне средине
„Заштита“
Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

За издавача: др Борислав Грубор

Рецензенти: др Оливера Цирај Бјелац
др Иштван Бикит
др Владимир Удовичић
др Невенка Антовић
др Ивана Вуканац
др Драгослав Никезић
др Душан Мрђа
др Марија Јанковић
др Јелена Крнета Николић

Уредник: др Гордана Пантелић

Лектор/коректор: Мариола Пантелић, MSc

Објављивање монографије помогли:
Министарство просвете, науке и технолошког развоја

ISBN 978-86-7306-138-2

Штампа: Штампарија Института за нуклеарне науке „Винча“, 522,
11001 Београд, Тел. 011-8066-746

Тираж: 150 примерака

KONCENTRACIJA ^{137}Cs U ZEMLJIŠTU NA TERITORIJI GRADA KRAGUJEVCA

**Biljana MILENKOVIĆ¹, Jelena STAJIĆ¹, Ljiljana GULAN² i Dragoslav
NIKEZIĆ¹**

1) Univerzitet u Kragujevcu, Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac,
Srbija, bmilenkovic@kg.ac.rs

2) Univerzitet u Prištini, Prirodno-matematički fakultet, Kosovska Mitrovica,
Srbija

Rezime

Nakon atmosferskih testiranja nuklearnog naoružanja i akcidenta u Černobilju u okolinu je oslobodjena velika količina veštačkih radionuklida. Zbog dugog vremena poluraspaspađa i radioaktivne opasnosti za stanovništvo najviše pažnje se poklanja ^{137}Cs . U ovom radu su merene koncentracije radionuklida ^{137}Cs u 74 uzorka zemljišta sakupljenih na teritoriji grada Kragujevca tokom 2013. godine. Specifične aktivnosti su merene gama-spektrometrijskom metodom koristeći koaksijalni germanijumski detektor, HPGe. Srednja vrednost \pm standardna devijacija iznosi $(43,3 \pm 31,5) \text{ Bq kg}^{-1}$. Ovaj rezultat je u opsegu tipičnom za Srbiju i dobro se slaže sa vrednostima izmerenim u regionu. Kolmogorov–Smirnov test normalnosti otkriva normalnu raspodelu koncentracije ^{137}Cs ($p=0,056$). Od ukupnog broja uzoraka 63,5% ima koncentraciju do 50 Bq kg^{-1} , 31,1% od 50 do 100 Bq kg^{-1} , a 5,4% preko 100 Bq kg^{-1} . U radu je procenjen radijacioni rizik od ^{137}Cs preko godišnje efektivne doze i srednja vrednost je iznosila $7,7 \mu\text{Sv}$.

1. UVOD

Pored prirodnih radionuklida prisutnih u tlu još od formiranja Zemlje i kosmičkog zračenja, stanovništvo je izloženo i antropogenom zračenju. Kao posledica testiranja nuklearnog naoružanja i nuklearnih akcidenata na tlu se deponuju veštački radionuklidi. Oni doprinose manje od 0,5% ukupnoj godišnjoj dozi [1]. Nakon akcidenta četvrtog reaktora u nuklearnoj elektrani "Lenjin" u Černobilju došlo je do otpuštanja velike količine veštačkih radionuklida ($1,85 \times 10^{18} \text{ Bq}$ bez plemenitih gasova) koji su atmosferskim strujanjem rasprostranjeni nad većim delom severne hemisfere. Krajem aprila i početkom maja 1986. godine, nekoliko dana nakon akcidenta, došlo je do kontaminacije nekih regija Evrope među kojima i naše zemlje. Oko 2,4% ukupne aktivnosti (bez plemenitih gasova) oslobođene u atmosferu palo je na teritoriju bivše Jugoslavije [2]. Procenjuje se da je na jugoslovenskoj teritoriji deponovano 5% ^{131}I i 10% ^{137}Cs emitovanih iz oštećenog reaktora. Glavni put kontaminacije bila je vlažna depozicija tj. padavine. Takođe se javila i suva depozicija radionuklida prisutnih u vazduhu, ali je bila zanemarljiva. Brojne studije koje su sprovedene nakon akcidenta pokazale

su da je zemljište glavno skladište za ^{137}Cs [3] i predstavlja medijum za migraciju i njegovo dalje kretanje. ^{137}Cs se deponuje u površinskom sloju zemlje (0-15 cm) i veoma sporo prodire u dubinu, a zatim ga biljke apsorbuju iz zemlje korenom. Svoj najviši nivo u biljkama dostiže 6-12 meseci nakon kontaminacije tla. Kako ingestija predstavlja glavni put radioaktivne kontaminacije na taj način ^{137}Cs preko biljaka dospeva u organizam životinja i čoveka. Maksimalne koncentracije u organizmu čoveka dostižu se još nakon 4-5 meseci. Kada jon cezijuma dospe u organizam on dalje prati metabolizam kalijuma tj. on je hemijski i biohemijski homolog kalijuma [4]. Ravnomerno se raspoređuje u organizmu jer je potpuno rastvorljiv u telesnim tečnostima i postaje izvor unutrašnjeg zračenja. Na migraciju ^{137}Cs u zemljištu utiču fizičko-hemijske karakteristike tla i drugi ekološki faktori [5, 6]. Adsorpcija na glini, mulju i organskim materijama usporava migraciju ^{137}Cs u zemljištu [7].

U cilju proučavanja ekološke situacije Šumadije i Pomoravlja vršeno je merenje jačine ekspozicione doze na teritoriji grada Kragujevac i pre havarije u Černobilju. Doza koju je stanovništvo grada Kragujevca primilo posle akcidenta u Černobilju data je u radu Kostić i dr [8]. Rezultati merenje jačine ekspozicione doze izmereni u Kragujevcu nakon padavina 01-02.05.1986. godine prikazani su u radu Marković i dr [9]. Neposredno posle akcidenta vršeno je određivanje ukupne beta aktivnosti vode, hrane, trave i zemlje [10]. Nakon pomenutih padavina koje su prouzrokovale povećanje ekspozicione doze uzeti su uzorci vode sa Gružanskog i Grošničkog jezera i dobijene su vrednosti 170 i 270 kBq m⁻³, respektivno. Pre akcidenta ukupna aktivnost voda iz ovih jezera kretala se oko 0,1 kBq m⁻³. Identifikacija radionuklida i merenje ukupne beta aktivnosti u padavinama opisana je u radu Nikezić i dr [11]. Među detektovanim radionuklidima na teritoriji Kragujevca bili su ^{131}I , ^{103}Ru , ^{137}Cs , ^{134}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{106}Ru , ^{106}Rh , ^{129}Te i dr. Usled velikog vremena poluraspada (30 godina) ^{137}Cs predstavlja najprisutniji dugogodišnji zagađivač okoline. I danas se detektuje značajno povećanje koncentracije ^{137}Cs u zemljištu i ekosistemu Srbije kao i u merenjima izvršenim neposredno posle akcidenta.

Ne postoje podaci u dostupnoj literaturi o specifičnoj aktivnosti ^{137}Cs u zemljištu Srbije pre černobiljskog akcidenta ali postoje indicije da je 80% površinski vezanog ^{137}Cs u Evropi posledica padavina aerosola od Černobilja, a ostatak od testiranja nuklearnog naoružanja i drugih izvora [12].

Cilj ovog rada je da predstavi rezultate merenja koncentracije ^{137}Cs u uzorcima zemljišta sakupljenih sa teritorije grada Kragujevca tokom 2013. godine i da proceni radijacioni rizik od ^{137}Cs preko godišnje efektivne doze.

2. EKSPERIMENTALNI DEO

Uzorci neobrađenog zemljišta su prikupljeni sa 74 lokacije tokom 2013. godine na teritoriji grada Kragujevca. Lokacije uzorkovanja su ravnomerno raspoređene po gradu, a odabirana su mesta sa većom gustinom naseljenosti. Uzorci su sakupljeni sa površine 1 m² do 10 cm dubine, primenjujući IAEA metod [13]. Uzorci su sušeni na temperaturi od 100–110 °C do konstantne mase, zatim su usitnjeni i prosejani da se dobije zapremina od 450 ml za Marineli posudu. Gama spektrometrijski sistem korišćen za analizu uzoraka zemljišta čini koaksijalni

HPGe detektor (GEM30-70, ORTEC) relativne efikasnosti 30% i višekanalni analizator. Sistem ima energetska rezoluciju (FWHM) od 1,85 keV na 1,33 MeV (^{60}Co). Kalibracija detektora je izvršena kalibracionim izvorom češkog metrološkog instituta (tip 2 MBSS). Detektor je smešten u olovno kućište debljine 10 cm u cilju smanjenja prirodnog fona. Aktivnost svakog uzorka i fona je merena 24 h pod istim uslovima. Za određivanje aktivnosti veštačkog radionuklida ^{137}Cs korišćen je intenzitet gama linije na 661,6 keV.

3. REZULTATI I DISKUSIJA

Deskriptivna statistika rezultata merenja koncentracije ^{137}Cs i godišnje efektivne doze je predstavljena u tabeli 1. Širok opseg izmerenih specifičnih aktivnosti ^{137}Cs kreće se od 0,5 do 144,3 Bq kg^{-1} i može biti povezan sa nehomogenom površinskom kontaminacijom nakon černobiljskog akcidenta.

Tabela 1. Deskriptivna statistika specifičnih aktivnosti i godišnje efektivne doze od radionuklida ^{137}Cs

	Min	Max	AS	GS	SD	Med	Skew	Kurt
A_{Cs} (Bq kg^{-1})	0,5	144,3	43,3	26,7	31,5	36,7	0,7	0,3
E_{Cs} (μSv)	0,1	25,7	7,7	4,7	5,6	6,5	0,7	0,3

AS – aritmetička sredina; GS – geometrijska sredina; SD – standardna devijacija; MED – medijana; Skew – skewness; Kurt – kurtosis

Poređenje sa dostupnim rezultatima u gradovima susednih država dato je u Tabeli 2.

Srednja vrednost dobijena za veštački radionuklid ^{137}Cs je uporediva sa vrednostima prethodno merenim u drugim delovima Srbije: 48,3 Bq kg^{-1} [14] i 36,4 Bq kg^{-1} [15]. U radu Krstić i dr (2007) je određivan transfer faktor za ^{137}Cs iz zemlje u travu za uzorke sakupljene u okolini Kragujevca tokom 2001. godine [16]. Takodje su izmerene specifične aktivnosti ^{137}Cs u opsegu 14,92 – 124,05 Bq kg^{-1} . Rezultati u ovom radu potvrđuju činjenicu da je ^{137}Cs još uvek prisutan u okolini kao posledica černobiljskog akcidenta i atmosferskih nuklearnih proba.

Tabela 2. Poređenje izmerene specifične aktivnosti sa rezultatima dobijenim za druge gradove u regionu

Grad [reference]	^{137}Cs (Bq kg^{-1})	Broj uzoraka
Beograd, Srbija [12]	29,9	72
Mojkovac, Crna Gora [17]	55	13
Kavadarci, Makedonija [18]	41,5	45
Banja Luka, Republika Srpska [19]	20	16
Kragujevac, Srbija [ovaj rad]	43,3	74

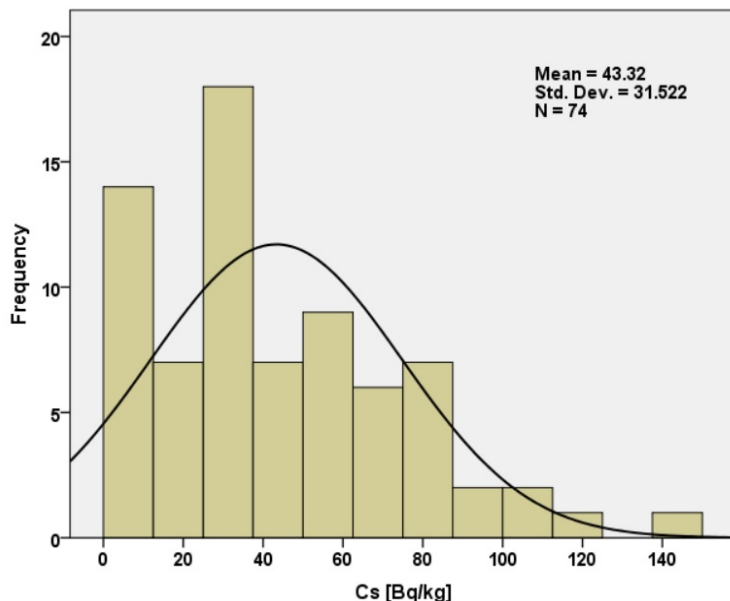
Sa slike 1 se može videti da najveći broj izmerenih uzoraka zemlje, čak 63,5%, ima koncentracije manje od 50 Bq kg^{-1} , 31,1% od 50 Bq kg^{-1} do 100 Bq kg^{-1} , a 5,4% preko 100 Bq kg^{-1} .

Kolmogorov–Smirnov test normalnosti otkriva normalnu raspodelu koncentracije ^{137}Cs ($p=0,056$). Na slici 1 je prikazana raspodela koncentracija ^{137}Cs zajedno sa krivom normalnosti.

Kao što je rečeno u uvodu na migraciju ^{137}Cs u zemljištu utiču fizičko-hemijske karakteristike tla. Milenković i dr (2015) su ispitivali korelaciju fizičko-hemijskih osobina zemljišta sa specifičnim aktivnostima prirodnih radionuklida i ^{137}Cs na teritoriji Kragujevca [20]. Utvrđeno je da postoji srednja pozitivna korelacija ($r = 0,473$) između sadržaja organske materije i specifične aktivnosti ^{137}Cs , dok je između pH vrednosti i specifične aktivnosti dobijena slaba negativna korelacija ($r = -0,391$). U ispitivanim uzorcima nije pronaddena značajnija korelacija između specifične aktivnosti ^{137}Cs i ostalih fizičko-hemijskih karakteristika zemljišta.

Kontaminacija Srbije nakon černobiljskog akcidenta se veoma razlikovala od grada do grada. Tako je specifična beta aktivnost padavina, merena 2. maja 1986. godine, u Kragujevcu bila oko 200 kBq m^{-2} , a u Beogradu oko 46 kBq m^{-2} . Na Paliću je kontaminacija iznosila $0,5 \text{ kBq m}^{-2}$ [21]. Pre akcidenta ukupne beta aktivnosti padavina bile su nekoliko Bq m^{-2} , što znači da je došlo do povećanja od 100 do 10000 puta. Upravo su radioaktivne kiše odgovorne za depoziciju ^{137}Cs u tlu koji još uvek detektujemo nakon 30 godina od akcidenta zbog njegovog veoma sporog prodiranja u dubinu.

U cilju proučavanja ekološke situacije Šumadije i Pomoravlja vršeno je merenje jačine ekspozicione doze i pre havarije u Černobilju, pri čemu su dobijene vrednosti od 0,3 do $1 \text{ pC kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$. Merenje jačine ekspozicione doze stalno je vršeno nakon havarije na oko dvadesetak lokacija gde se okuplja najveći broj ljudi u Kragujevcu i bližoj okolini. Na jednoj od lokacija je 01.05.1986. godine oko 13:30 h primećeno povećanje jačine ekspozicione doze ($1,65 - 1,8 \text{ pC kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$). Nakon pljuska, oko 15:30 h, koji je doneo veliku količinu radionuklida na istoj lokaciji izmereno je $3,6 \text{ pC kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$ [11]. Znatno povećanje jačine ekspozicione doze primećeno je i na drugim lokacijama. U toku noći i narednog jutra palo je još kiše i izmereno je još veće povećanje jačine ekspozicione doze. Na jednoj lokaciji u parku, gde je bilo dosta guste i visoke trave i gde se zadržalo dosta kiše, izmerena je jačina ekspozicione doze od $50 \text{ pC kg}^{-1} \text{ s}^{-1}$. U toku prvog i drugog maja 1986. godine palo je ukupno 11,1 litara kiše na m^2 površine [8]. Narednih desetak dana vršena su merenja jačine ekspozicione doze u samom gradu. Primećeno je da posle naglog porasta jačine ekspozicione doze 02.05.1986. dolazi do njenog postepenog opadanja što se i očekivalo.



Slika 1. Raspodela koncentracija ^{137}Cs

Poznavanje raspodele radionuklida u zemljištu je važno pri proceni radijacionog izlaganja stanovništva. U ovom radu je radijacioni rizik od ^{137}Cs izražen preko godišnje efektivne doze.

Efektivna doza koja potiče od ^{137}Cs u zemljištu, E_{Cs} (μSv), računa se na osnovu jednačine:

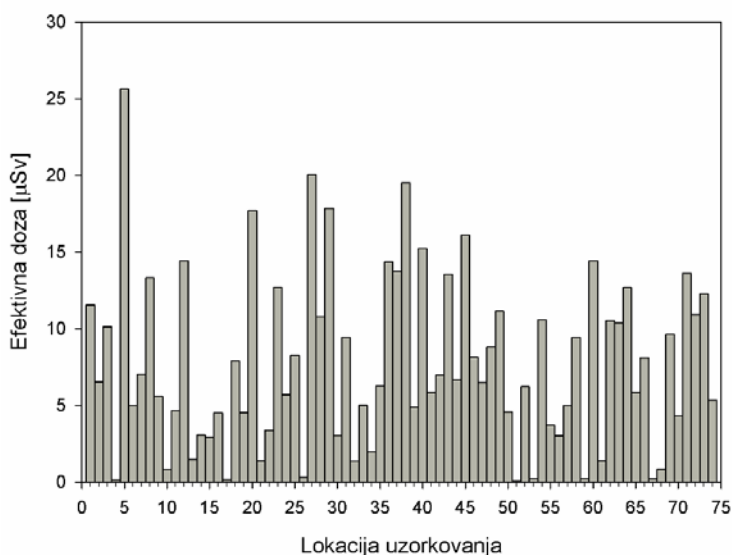
$$E_{Cs} = \sum_T w_T \cdot D_{Cs} \quad (1)$$

umnožene za faktor 0,2 boravka stanovništva na otvorenom u toku godine. Vrednosti tkivnih težinskih faktora za tkiva i organe, w_T , uzeti su iz ICRP 103 [22] za tkiva i organe prema publikaciji ICRP 60 [23] u kojoj je ljudsko telo definisano sa 12 glavnih i 10 organa koji čine ostatak. D_{Cs} je jačina doze u vazduhu koja potiče od ^{137}Cs iz tla na visini 1 m iznad površine, a računata je kao zbir konverzionih koeficijenata, k_i , za sve organe ljudskog tela umnoženih sa specifičnom aktivnošću A_{Cs} :

$$D_{Cs} = A_{Cs} \sum_i k_i \quad (2)$$

Korišćeni konverzioni koeficijenti, k_i , za glavne organe i ostatak tela izračunati su na osnovu dozimetrijskog modela ORNL fantoma i MCNP-4B softverskog programa [24].

Doprinos ^{137}Cs godišnjoj efektivnoj dozi je mali u poređenju sa prirodnim radionuklidima. Opseg izračunatih vrednosti za E_{Cs} , kreće se od 0,1 do 25,7 μSv .



Slika 2. Bar dijagram godišnje efektivne doze od ¹³⁷Cs u zemlji

Na slici 2 je prikazan bar dijagram godišnje efektivne doze koja potiče od ¹³⁷Cs u zemljištu sa različitih lokacija. Najveće vrednosti su izmerene na lokacijama 5 (25,7 µSv), 27 (20 µSv) i 38 (19,5 µSv). Opseg procenjene godišnje efektivne doze od ¹³⁷Cs kreće se od 0,1 do 25,7 µSv i posledica je nehomogene površinske kontaminacije.

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu su predstavljeni rezultati merenja koncentracije ¹³⁷Cs i proračuna godišnje efektivne doze u uzorcima zemljišta sakupljenih na 74 lokacije na teritoriji grada Kragujevca. Širok opseg izmerenih specifičnih aktivnosti i odgovarajuća efektivna doza mogu biti povezani sa nehomogenom površinskom kontaminacijom nakon černobiljskog akcidenta. Prosečna koncentracija aktivnosti dobijena za veštački radionuklid ¹³⁷Cs je porediva sa vrednostima prethodno merenim u drugim delovima Srbije i regiona, što potvrđuje činjenicu da je ¹³⁷Cs još uvek prisutan u okolini kao posledica černobiljskog akcidenta i atmosferskih nuklearnih proba. Najveći broj uzoraka i to 63,5% ima koncentraciju do 50 Bq kg⁻¹, 31,1% od 50 do 100 Bq kg⁻¹, a 5,4% preko 100 Bq kg⁻¹. Poznavanje raspodele radionuklida u zemljištu je važno pri proceni radijacionog izlaganja stanovništva, a u ovom radu je radijacioni rizik od ¹³⁷Cs izražen preko godišnje efektivne doze.

Zahvalnica

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, kroz projekat N₀ 171021.

5. LITERATURA

- [1] UNSCEAR, Sources and effects of ionizing radiation, Report to General Assembly, with Scientific Annexes, New York (2000) United Nations.
- [2] R. Radovanović. Levels of radioactive contamination of the environment and the irradiation of the population of Yugoslavia in 1986 due to the Chernobyl nuclear power plant accident. Federal Committee for Labour, Health and Social Welfare (1987) Belgrade, Yugoslavia.
- [3] B. Rafferty, M. Brennan, D. Dawson, D. Dowding. Mechanisms of ^{137}Cs migration in coniferous forest soils. *J. Environ. Radioact.* 48 (2000) 131–143.
- [4] A.L. Nichols and E. Hunt. Nuclear data table, in Longworth G, ed. The radiochemical manual, Howell, UK, 1998.
- [5] M.H. Lee, C.W. Lee, B.H. Boo. Distribution and characteristics of $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{137}Cs in the soil of Korea. *J. Environ. Radioact.* 37 (1997) 1–16.
- [6] C.S Kim, M.H Lee, C.K Kim, K.H Kim. ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{239+240}\text{Pu}$ and ^{238}Pu concentrations in surface soils of Korea *J. Environ. Radioact.* 40(1998) 75–88.
- [7] J.P. Absalom, S.D. Young, N.M.J. Crout, A. Sanchez, S.M. Wright, E. Smolders, A.F. Nisbet, A.G. Gillett. Predicting the transfer of radiocaesium from organic soils to plants using soil characteristics. *J. Environ. Radioact.* 52 (2001) 31–43.
- [8] D. Kostić, D. Nikezić, Dj. Bek-Uzarov. Effective dose estimation for the population in Kragujevac due to the Chernobyl accident. *J. Environ. Radioact.* 34 (1997) 253–266.
- [9] P. Marković, D. Kostić, D. Nikezić i S. Milojević. Merenje jačine ekspozicione doze u Kragujevcu i okolini u toku meseca maja 1986. god. Drugo savetovanje o prirodnom zračenju i zračenju u prirodnoj sredini. Kragujevac (1986) 27-32.
- [10] D. Kostić, D. Nikezić, P. Marković, S. Milojević. Određjivanje ukupne beta aktivnosti vode, hrane ,trave i zemlje. Drugo savetovanje o prirodnom zračenju i zračenju u prirodnoj sredini. Kragujevac (1986) 105-114.
- [11] D. Nikezić, P. Marković, D. Kostić, Dj. Bek-Uzarov, M. Križman. Identifikacija radionuklida i merenje aktivnosti u padavinama u okolini Kragujevca 1. i 2. maja 1986. godine. Drugo savetovanje o prirodnom zračenju i zračenju u prirodnoj sredini. Kragujevac (1986) 147-155.
- [12] J. Petrović, M. Čujić, M.M. Djordjević, R.M. Dragović, B.A. Gajić, S.S. Miljanić, S.D. Dragović. Spatial distribution and vertical migration of Cs-137 in soils of Belgrade (Serbia) 25 years after the Chernobyl accident. *Environ. Sci. Process. Impacts.* 15 (2013) 1279–1289.
- [13] IAEA, Soil sampling for environmental contaminants. IAEA-TECDOC-1415 (2004) IAEA Vienna.
- [14] S. Dragović and A. Onjia. Classification of soil samples according to their geographic origin using gamma-ray spectrometry and principal component analysis. *J. Environ. Radioact.* 89 (2006) 150–158.
- [15] G. Dugalić, D. Krstić, M. Jelić, D. Nikezić, B. Milenković, M. Pucarević, T. Zeremski-Skorić. Heavy metals, organics and radioactivity in soil of western Serbia. *J. Hazard. Mater.* 177 (2010) 697–702.
- [16] D. Krstić, N. Stevanović, J. Milivojević, D. Nikezić. Determination of the soil-to-grass transfer of ^{137}Cs and its relation to several soil properties at various locations in Serbia. *Isot. Environ. Health Stud.* 43 (2007) 1-9.
- [17] N.M. Antović, D.S. Bošković, N.R. Svrkota, I.M. Antović. Radioactivity in soil from Mojkovac, Montenegro, and assessment of radiological and cancer risk. *Nucl. Technol. Radiat.* 27 (2012) 57–63.
- [18] S. Dimovska, T. Stafilov, R. Sajn. Radioactivity in soil from the city of Kavadarci (Republic of Macedonia) and its environs. *Radiat. Prot. Dosim.* 148 (2011) 107–120.
- [19] M. Janković, D. Todorović, M. Savanović. Radioactivity measurements in soil samples collected in the Republic of Srpska. *Radiat. Meas.* 43 (2008) 1448–1452.

- [20] B. Milenkovic, J.M. Stajic, Lj. Gulan, T. Zeremski, D. Nikezic. Radioactivity levels and heavy metals in the urban soil of Central Serbia. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22 (2015) 16732-16741.
- [21] D. Hajduković and M. Vukotić. External exposure of the population in Serbia after Chernobyl accident. Proc. XIV Yugoslav Symposium on Radiation Protection, Novi Sad (1987) 49-53.
- [22] ICRP 103, International Commission on Radiological Protection. Anex B. Quantities used in radiological protection. Pergamon Press, Oxford, 37 (2007) 247-322.
- [23] ICRP 60, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Pergamon Press, Oxford, 21 (1-3) (1991) 1-201.
- [24] D. Krstić and D. Nikezić. External doses to humans from ^{137}Cs in soil. *Health Physics* 91 (2006) 249-257.

RADIOACTIVITY CONCENTRATIONS OF ^{137}Cs IN THE SOIL SAMPLES FROM KRAGUJEVAC CITY

Biljana MILENKOVIĆ¹, Jelena STAJIĆ¹, Ljiljana GULAN² i Dragoslav NIKEZIĆ¹

1) *University of Kragujevac, Faculty of Science, Kragujevac, Serbia,*
bmilenkovic@kg.ac.rs,

2) *University of Pristina, Faculty of Natural Science, Kosovska Mitrovica, Serbia*

After the atmospheric nuclear weapon tests and Chernobyl accident large amounts of artificial radionuclides have been released to the environment. Due to its long half-life and chemical analogy with potassium ^{137}Cs is one of the most hazardous artificial radionuclides. In this paper the ^{137}Cs activity concentrations were measured in soil samples collected from the territory of Kragujevac city. Seventy-four samples of undisturbed soil were collected from non-agricultural areas during 2013. The specific activities of ^{137}Cs were measured by gamma spectrometry using a HPGe semiconductor detector. The average value \pm standard deviation was $(43.3 \pm 31.5) \text{ Bq kg}^{-1}$. This result is in the range typical for Serbia and it is in good agreement with the average values in towns of neighbouring counties. Kolmogorov–Smirnov's normality test revealed normal distribution of ^{137}Cs concentrations ($p=0.056$). From total number of soil samples the percentage of samples with concentration less than 50 Bq kg^{-1} is 63.5%, between 50 and 100 Bq kg^{-1} is 31.1%, and above 100 Bq kg^{-1} is 5.4%. Radiological risk from ^{137}Cs was estimated through the annual effective dose and the mean value was $7.7 \mu\text{Sv}$.

CIP - Каталогизација у публикацији –
Народна библиотека Србије, Београд

614.876(082)

621.311.25(477.41)(082)

504.5:539.16(497.11)(082)

ЧЕРНОБИЉ : 30 година после : монографија / уредник
Гордана Пантелић. - Београд : Институт за нуклеарне науке
"Винча", Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту
животне средине "Заштита" : Друштво за заштиту од зрачења
Србије и Црне Горе, 2016 (Београд : Институт за нуклеарне
науке "Винча"). - 286 стр. : илустр. ; 25 cm

Тираж 150. - Библиографија уз сваки рад. - Summaries.

ISBN 978-86-7306-138-2 ("Винча")

1. Пантелић, Гордана [уредник]

а) Нуклеарна електрана "Чернобил" - Хаварија - Зборници

б) Животна средина - Загађење радиоактивним материјама

- Србија - Зборници с) Несреће у нуклеарним електранама

- Последице - Зборници д) Јонизујуће зрачење - Штетно

дејство - Србија - Зборници

COBISS.SR-ID 226685452