

**X
X
V
I
I

S
I
M
P
O
Z
I
J
U
M
DZZ
SCG**

**XXVII SIMPOZIJUM
DRUŠTVA ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
SRBIJE I CRNE GORE**



**DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
SRBIJE I CRNE GORE**

ZBORNİK RADOVA

**XXVII SIMPOZIJUM DZZ SCG
Vrnjačka Banja
2-4. oktobar 2013.**

**Beograd
2013.god.**

ZBORNİK RADOVA
XXVII SIMPOZIJUM DZZ SCG
2.10-4.10.2013.

Izdavači:

Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Društvo za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore

Za izvršnog izdavača:

Dr Bojan Radak

Urednici:

Dr Olivera Ciraj-Bjelac

Dr Gordana Pantelić

ISBN 978-86-7306-115-3

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Tehnička obrada: Arts Design

Štampa: Arts Design

Tiraž: 150 primeraka

Štampa završena septembra 2013.

XXVII SIMPOZIJUM DRUŠTVA
ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA
SRBIJE I CRNE GORE
Vrnjačka Banja, od 2.10. do 4.10.2013. god.

Organizatori:

DRUŠTVO ZA ZAŠTITU OD ZRAČENJA SRBIJE I CRNE GORE

INSTITUT ZA NUKLEARNE NAUKE „VINČA“

Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine „Zaštita“

Organizacioni odbor

Predsednik: Olivera Ciraj-Bjelac

Članovi:

Milojko Kovačević

Maja Eremić-Savković

Vladimir Udovičić

Ištvan Bikit

Nevenka Antović

Dragoslav Nikezić

Vera Spasojević-Tišma

Snežana Dragović

Danijela Arandić

Đorđe Lazarević

Jelena Stanković

Predrag Božović

Redakcioni odbor:

Vladimir Udovičić

Vera Spasojević-Tišma

Goran Ristić

Gordana Joksić

Gordana Pantelić

Dragana Todorović

Dušan Mrđa

Ilija Plečaš

Ivana Vukanac

Marko Ninković

Miodrag Krmar

Nataša Lazarević

Olivera Ciraj Bjelac

Srboljub Stanković

Organizaciju su pomogli:

Ministarstvo prosvete i nauke Republike Srbije

Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine

Institut za nuklearne nauke Vinča, Spoljnotrgovinski promet

Knauf Zemun d.o.o.

Ovaj Zbornik je zbirka radova saopštenih na XXVII Simpozijumu Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore koji je održan od 2.10. do 4.10.2013. godine u Vrnjčkoj Banji. Radovi su razvrstani po sekcijama. Iako su svi radovi u Zborniku recenzirani od strane Redakcionog odbora, za sve iznesene tvrdnje i rezultate odgovorni su sami autori.

Jugoslovensko društvo za zaštitu od zračenja osnovano je 1963. godine u Portorožu. Ovogodišnji Simpozijum je posebno značajan usled činjenice da Društvo obeležava izuzetan jubilej - 50 godina organizovane zaštite od zračenja na prostoru bivše Jugoslavije i ovom jubileju posvećujemo zasluženu pažnju tokom XXVII Simpozijuma Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne Gore. Simpozijum je nastavak pet decenija duge tradicije Društva za zaštitu od zračenja i mesto na kome kroz stručni program predočavamo svaki napredak u oblasti zaštite od zračenja, analiziramo dosadašnje rezultate i aktuelna dešavanja, razmenjujemo iskustva sa kolegama iz zemlje i regiona, ali i srećemo stare i upoznajemo nove prijatelje.

Organizacioni odbor se zahvaljuje autorima i koautorima naučnih i stručnih radova na doprinosu i ulozenom trudu. Posebno se zahvaljujemo sponzorima koji su pomogli održavanje Simpozijuma i štampanje Zbornika.

Organizacioni odbor

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

502:504.5]:539.16(082)

614.875/.876(082)

539.16.04(082)

539.1.074/.08(082)

577.1:539.1(082)

ДРУШТВО за заштиту од зрачења Србије и Црне
Горе (Београд). Симпозијум (27 ; 2013 ;
Врњачка Бања)

Zbornik radova / XXVII simpozijum DZZ SCG
[Društva za zaštitu od zračenja Srbije i Crne
Gore], Vrnjačka Banja, 2-4. oktobar 2013. ;
[organizatori] Društvo za zaštitu od zračenja
Srbije i Crne Gore [i] [Institut za nuklearne
nauke Vinča, Laboratorija za zaštitu od
zračenja i zaštitu životne sredine "Zaštita"]
; [urednik Olivera Ciraj-Bjelac, Gordana
Pantelić]. - Beograd : Institut za nuklearne
nauke "Vinča" : Društvo za zaštitu od
zračenja Srbije i Crne Gore, 2013 (Beograd :
Arts design). - 472, 4 str. : ilustr. ; 24 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tekst ćir. i
lat. - Tiraž 150. - Bibliografija uz svaki
rad. - Abstracts. - Registar.

ISBN 978-86-7306-115-3

1. Друштво за заштиту од зрачења Србије и
Црне Горе (Београд)

a) Заштита од јонизујућег зрачења -
Зборници b) Животна средина - Загађење
радиоактивним материјама - Зборници c)
Радиоактивно зрачење - Штетно дејство -
Зборници d) Нејонизујуће зрачење - Штетно
дејство - Зборници e) Радиобиологија -
Зборници f) Дозиметри - Зборници
COBISS.SR-ID 201298188

BERILIJUM-7 I OLOVO-210: DEVET GODINA MONITORINGA NA DVE LOKACIJE U BEOGRADU

Jelena AJTIĆ¹, Dragana TODORVIĆ², Dragana POPOVIĆ¹, Jelena NIKOLIĆ²

- 1) *Fakultet veterinarske medicine, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs, draganap@vet.bg.ac.rs*
- 2) *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za Zaštitu od zračenja i Zaštitu životne sredine, Beograd, Srbija, beba@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs*

SADRŽAJ

Na dva merna mesta u Beogradu od 2004. do 2012. godine prikupljeni su uzorci aerosola iz prizemnog sloja atmosfere. Mesečne specifične aktivnosti ⁷Be i ²¹⁰Pb u uzorcima izmerene su standardnom metodom spektrometrije gama zračenja na HPGe detektorima. Na oba merna mesta, ⁷Be i ²¹⁰Pb su međusobno slabo korelisani, ali između mernih mesta nije nađena korelacija. Povezanost između merenih aktivnosti i količine padavina takođe nije nađena. Međutim, maksimalne vrednosti aktivnosti u intervalima količine padavina pokazuju visoku negativnu linearnu korelaciju sa količinom padavina.

1. Uvod

Berilijum-7 i olovo-210 su prirodni radionuklidi koji u prizemni sloj atmosfere dospevaju iz različitih izvora. Berilijum-7 (period poluraspada 53,28 dana) se stvara u višim slojevima atmosfere, u reakcijama kosmičkih zraka sa lakim elementima, a zatim se transportuje do površine zemlje [1]. Olovo-210 (period poluraspada 22,3 godine), sa druge strane, nastaje kao produkt radioaktivnog raspada radona-222, koji se iz zemljišta oslobađa u najniži sloj atmosfere [2].

Oba radionuklida se vezuju za aerosole, a primarni proces njihovog uklanjanja iz atmosfere je vlažna depozicija [3,4]. Pozitivna korelacija između depozicije ovih radionuklida i količine padavina je nađena [3,4,5], ali su za povezanost aktivnosti radionuklida i količine padavina dobijeni različiti rezultati, od značajne negativne korelacije [6] i linearne zavisnosti [7], do nepostojanja korelisanosti [8].

U ovom radu su upotrebljeni nizovi devetogodišnjih merenja za analizu međusobne povezanosti aktivnosti ⁷Be i ²¹⁰Pb u prizemnom sloju atmosfere, kao i uticaja lokalnih uslova, posebno količine padavina.

2. Materijal i metode

Uzorci aerosola iz prizemnog sloja atmosfere su tokom 2004–2012. godine prikupljeni na dve lokacije u Beogradu: u Institutu za nuklearne nauke Vinča (u daljem tekstu Vinča) i na Fakultetu veterinarske medicine (u daljem tekstu Centar). Pomoću uzorkivača vazduha sa konstantnom brzinom protoka, svakodnevno su sakupljani uzorci aerosola na filter papirima poznate efikasnosti. Spektrometrija gama emitera (HPGe detektor) urađena je u zbirnom mesečnom uzorku koji je dobijen mineralizacijom dnevnih uzoraka [9]. Kombinovana merna nesigurnost metode manja je od 25 %.

Podaci za količinu padavina na mernom mestu Vinča tokom 2004–2009. godine dobijeni su od meteorološke službe Instituta za nuklearne nauke Vinča, a za merno mesto Centar tokom 2004–2012. godine, podaci su dobijeni od projekta „European Climate Assessment & Dataset“ [10] i Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije.

3. Rezultati i diskusija

Tokom 2004–2012. srednja vrednost mesečnih aktivnosti ⁷Be je $(2,96 \pm 1,62) \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ u Vinči, i $(2,60 \pm 1,74) \cdot 10^{-3}$ Bq/m³ u Centru. Srednja mesečna aktivnost ²¹⁰Pb u Vinči je $(5,25 \pm 2,12) \cdot 10^{-4}$ Bq/m³, odnosno $(4,37 \pm 2,31) \cdot 10^{-4}$ Bq/m³ u Centru. Na lokaciji Vinča, Pirsonov koeficijent linearne korelacije (u daljem tekstu r) između aktivnosti ⁷Be i ²¹⁰Pb iznosi 0,35, a u Centru $r = 0,30$, što pokazuje slabu međusobnu povezanost radionuklida. Za aktivnost ⁷Be između Vinče i Centra, kao i za aktivnost ²¹⁰Pb

između ovih mernih mesta, dobijeno je $r = 0,18$. Takođe, značajnost (Studentov t-test) iznosi 0,102 za ^7Be i 0,005 za ^{210}Pb , što pokazuje da su razlike u aktivnostima ^{210}Pb između mernih mesta značajne. Činjenica da se dobijeni rezultati ne slažu u potpunosti sa ranijim analizama istih nizova aktivnosti, ali u kraćim vremenskim periodima [11,9], ukazuje na potrebu za dugoročnim merenjima.

Nekorelisanost aktivnosti radionuklida između dva merna mesta može biti posledica razlike u lokalnoj klimi, te je u daljoj analizi ispitana povezanost aktivnosti radionuklida sa klimatskim elementom koji je bio dostupan za obe lokacije – količina padavina. Pirsonov koeficijent korelacije za izmerene vrednosti količine padavina i aktivnosti ^7Be i ^{210}Pb , na dva merna mesta (Tabela 1, kolona „merene vrednosti“), ukazuje na nepovezanost količine padavina sa aktivnostima ovih radionuklida u vazduhu, što se slaže sa [8]. Primera radi, aktivnosti ^7Be na lokaciji Centar, u funkciji ukupne mesečne količine padavina date su na Slici 1 (simbolom zvezdice).

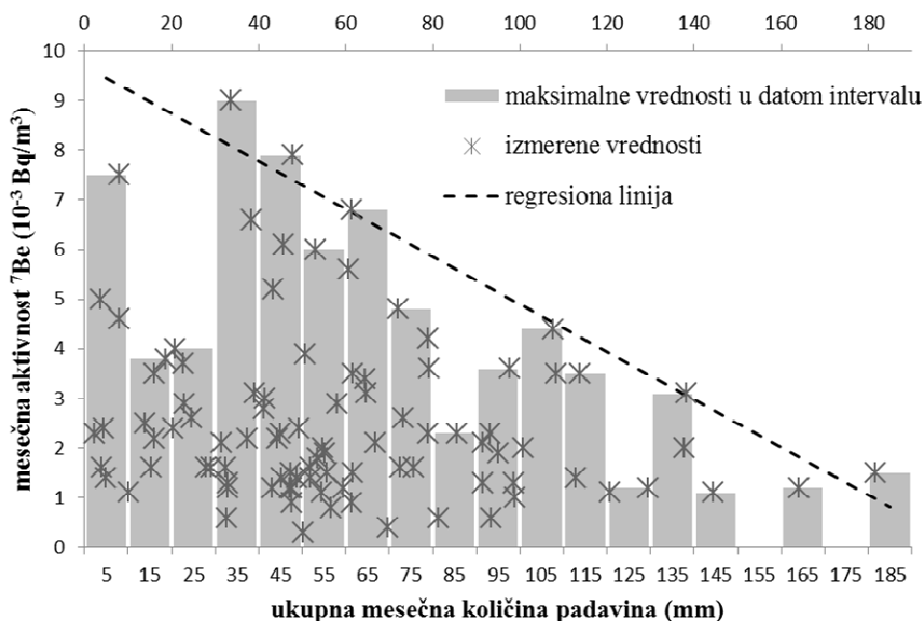
Na Slici 1 su takođe prikazani intervali ukupne mesečne količine padavina (broj intervala 19, minimalna vrednosti 0 mm, maksimalna 190 mm, širina intervala 10 mm), kao i maksimalne vrednosti aktivnosti ^7Be u svakom od intervala. Između ovih maksimalnih vrednosti i vrednosti koje odgovaraju sredinama intervala količine padavina postoji visoka negativna linearna korelisanost ($r = -0,76$). Analiza aktivnosti oba radionuklida na oba merna mesta, daje visoke negativne vrednosti za r , osim za ^7Be na lokaciji Vinča (Tabela 1, kolona „broj intervala 19“).

Tabela 1. Pirsonov koeficijent korelacije za količinu padavina i aktivnosti ^7Be i ^{210}Pb : Vinča (period 2004–2009) i Centar (period 2004–2012)

Korelacija između		merene vrednosti		broj intervala 19	
		Vinča	Centar	Vinča	Centar
količina padavina	^7Be	-0,04	-0,20	-0,08	-0,76
	^{210}Pb	-0,25	-0,19	-0,54	-0,82

Na dobijene vrednosti r utiče širina izabranog intervala ukupne količine padavina. Što je širina intervala veća (čime se smanjuje broj intervala), veća je i linearna negativna povezanost promenljivih. Tako se za aktivnosti ^7Be na lokaciji Centar dobija $r = -0,94$ kada se izabere 10 intervala (širine 20 mm) količine padavina, odnosno $r = -0,59$ za 38 intervala (širine 5 mm). Međutim, ukoliko se na lokaciji Centar skрати period analize na 2004–2009 (interval u kom su dostupni podaci za količinu padavina u Vinči), dobija se slabija povezanost aktivnosti i količine padavina, što pokazuje uticaj dužine mernog perioda na dobijene rezultate.

Zavisnost maksimalne aktivnosti po intervalima ukupne mesečne količine padavina (Slika 1) ukazuje i na mogućnost postojanja dva do tri različita režima spiranja radionuklida iz atmosfere, što je u saglasnosti sa rezultatima [7]. U prvi režim spadaju vrlo suvi meseci, sa ukupnom količinom padavina do 30 mm, tokom koga je najveći broj izmerenih aktivnosti ^7Be ispod $4 \cdot 10^{-3} \text{ Bq/m}^3$. U drugom režimu, maksimalne aktivnosti opadaju sa porastom količine padavina. Treći režim, sa ukupnom mesečnom količinom padavina iznad 120 mm (u kome se nalazi samo ~7% naših podataka) možda ukazuje na zasićenje pri kome povećanje padavina ne dovodi do daljeg smanjenja aktivnosti radionuklida. Slični režimi u zavisnosti maksimalnih aktivnosti od ukupne količine padavina se mogu videti i za olovo-210.



Slika 1. Mesečne aktivnosti ⁷Be i ukupna mesečna količina padavina na lokaciji Centar tokom 2004–2012. godine. Regresiona linija je dobijena za maksimalne aktivnosti u datim intervalima ukupne količine padavina.

4. Zaključak

Devetogodišnja merenja srednjih mesečnih aktivnosti ⁷Be i ²¹⁰Pb na dva merna mesta u Beogradu pokazuju da između ovih radionuklida na svakoj od lokacija postoji slaba povezanost, ali da između mernih mesta nema korelacije. Dobijen Pirsonov koeficijent korelacije ukazuje na nepovezanost aktivnosti radionuklida i količine padavina. Maksimalne aktivnosti radionuklida su, međutim, negativno linearno korelisane sa ukupnom mesečnom količinom padavina grupisanom u intervale. Ova zavisnost ukazuje na mogućnost postojanja različitih režima spiranja radionuklida iz atmosfere.

5. Zahvalnica

Ovaj rad je realizovan u okviru projekta „Istraživanje klimatskih promena na životnu sredinu: praćenje uticaja, adaptacija i ublažavanje“ (43007) koji finansira Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije u okviru programa Integrisanih i interdisciplinarnih istraživanja za period 2011-2014. godine. Autorke se zahvaljuju timu projekta „European Climate Assessment & Dataset“, Republičkom hidrometeorološkom zavodu Srbije i meteorološkoj službi Instituta za nuklearne nauke Vinča na podacima za količinu padavina.

6. Literatura

- [1] D. Allen et al. An Estimate of the Stratospheric Contribution to Springtime Tropospheric Ozone Maxima Using TOPSE Measurements and Beryllium-7 Simulations. *J. Geophys. Res.* 108 (2003) doi:10.1029/2001JD001428.
- [2] M. Baskaran. Po-210 and Pb-210 as atmospheric tracers and global atmospheric Pb-210 fallout: a Review. *J. Environ. Radioact.*, 102 (2011) 500–513.
- [3] A. Ioannidou and C. Papastefanou. Precipitation scavenging of ^7Be and ^{137}Cs radionuclides in air. *J. Environ. Radioact.*, 85 (2006) 121–136.
- [4] M. K. Pham, P. P. Povinec, H. Nies, and M. Betti. Dry and wet deposition of ^7Be , ^{210}Pb and ^{137}Cs in Monaco air during 1998–2010: Seasonal variations of deposition fluxes. *J. Environ. Radioact.*, 120 (2013) 45–57.
- [5] C. Doering and R. Akber. Beryllium-7 in near-surface air and deposition at Brisbane, Australia. *J.*
- [6] F. P. García, M. A. F. García, and M. Azahra. ^7Be behaviour in the atmosphere of the city of Granada January 2005 to December 2009. *Atmos. Environ.*, 47 (2012) 84–91.
- [7] N. Ali, E. U. Khan, P. Akhter, N. U. Khattak, F. Khan, and M. A. Rana. The effect of air mass origin on the ambient concentrations of ^7Be and ^{210}Pb in Islamabad, Pakistan. *J. Environ. Radioact.*, 102 (2011) 35–42.
- [8] M. K. Pham, M. Betti, H. Nies, and P. P. Povinec. Temporal changes of ^7Be , ^{137}Cs and ^{210}Pb activity concentrations in surface air at Monaco and their correlation with meteorological parameters. *J. Environ. Radioact.*, 102 (2011) 1045–1054.
- [9] D. Todorovic, D. Popovic, J. Nikolic, and J. Ajtic. Radioactivity Monitoring in Ground Level Air in Belgrade Urban Area. *Radiat. Prot. Dosim.*, 142 (2010) 308–313.
- [10] A. M. G. Klein Tank et al., Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *Int. J. Climatol.*, 22 (2002) 1441–1453.
- [11] J. Ajtić, D. Todorović, A. Filipović, and J. Nikolić. Ground Level Air Beryllium-7 and Ozone in Belgrade. *Nucl. Tech. Radiat. Protect.*, 23 (2008) 65–71.

BERYLLIUM-7 AND LEAD-210: NINE YEARS OF MONITORING IN TWO LOCATIONS IN BELGRADE, SERBIA

Jelena AJTIĆ¹, Dragana TODOROVIĆ², Dragana POPOVIĆ¹, Jelena NIKOLIĆ²

1) Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, jelena.ajtic@vet.bg.ac.rs, draganap@vet.bg.ac.rs

2) University of Belgrade, Vinča Institute of Nuclear Sciences, Laboratory for Environmental and Radiation Protection, Belgrade, Serbia, beba@vinca.rs, jnikolic@vinca.rs

ABSTRACT

During 2004–2012, samples of aerosols in surface air were collected in two measuring locations in Belgrade. Monthly specific activities of ^7Be and ^{210}Pb in the samples were determined on HPGE detectors by standard gamma spectrometry. A weak correlation between the ^7Be and ^{210}Pb activities in each of the measuring locations, and no correlation between the two sites, is found. The results further show no correlation between the measured activities and amount of precipitation. However, the maximum activities corresponding to binned amount of precipitation exhibit relatively high negative linear correlation.