



ЗБОРНИК РАДОВА



XXXII Симпозијум Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе

**04-06. октобар 2023. године
Будва, Црна Гора**

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



ЗБОРНИК РАДОВА

XXXII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ

**Будва, Црна Гора
04-06. октобар 2023. године**

**Београд
2023. године**

**RADIATION PROTECTION ASSOCIATION OF
SERBIA AND MONTENEGRO**



PROCEEDINGS

XXXII SYMPOSIUM RPASM

**Budva, Montenegro
4th-6th October 2023**

Belgrade

2023

ЗБОРНИК РАДОВА

XXXII СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
04-06.10.2023.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Проф. Др Снежана Пајовић

Уредници:

Др Милица Рајачић
Др Ивана Вуканац

ISBN 978-86-7306-169-6

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Милош Ђалетић, Милица Рајачић

Електронско издање:

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

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Октобар 2023.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:

Creative Commons Attribution 4.0 International License.

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.

ANALIZA FRAKTALNE PRIRODE SPECIFIČNE AKTIVNOSTI BERILIJUMA-7 U PRIZEMNOM SLOJU ATMOSFERE MERENE U BEOGRADU, SRBIJA (1991-2022)

Darko SARVAN¹, Đorđe STRATIMIROVIĆ², Milica RAJAČIĆ³,
Jelena KRNETA NIKOLIĆ³, Ivana VUKANAC³, Jelena AJTIĆ¹

- 1) *Univerzitet u Beogradu, Fakultet veterinarske medicine, Beograd*
- 2) *Univerzitet u Beogradu, Stomatološki fakultet, Beograd*
- 3) *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*

Autor za korespondenciju: Darko SARVAN, darko.sarvan@vet.bg.ac.rs

SAŽETAK

U ovom istraživanju analizirana je fraktalna priroda vremenske serije specifične aktivnosti berilijuma-7 u površinskom sloju atmosfere u Beogradu, Srbija, sa ciljem da se prouči dinamika njene samosličnosti, a s posebnim fokusom na godišnji ciklus. Korišćene su metode vejevlet analize i vremenski zavisne detrendovane pokretne srednje vrednosti radi identifikacije karakterističnih intervala i procene Hurstovih eksponenata.

Podaci o specifičnoj aktivnosti berilijuma-7 preuzeti su iz GRAMON baze podataka, za lokaciju Beograd (44,88 °N; 20,58 °E; 95 m nadmorske visine). Vremenska serija obuhvata 362 mesečna merenja od 1991. do 2022. godine.

Rezultati ukazuju na postojanje izraženog godišnjeg ciklusa u ovoj vremenskoj seriji. Takođe, promene u lokalnom Hurstovom eksponentu otkrivaju varijacije u ponašanju vremenske serije – ona iz umereno korelisanog prelazi u izrazito antikorelisan proces između 2015. i 2020. godine.

Ovaj rezultat biće predmet šire analize koja uključuje i druge lokacije iz GRAMON baze podataka.

Uvod

Dugoročna merenja atmosferskih parametara pružaju dragocene informacije o promenama u atmosferi. Berilijum-7 (Be-7), prirodni radionuklid čiji je period poluraspada 53,28 dana, koristi se kao obeleživač kretanja vazдушnih masa. Njegova specifična aktivnost može posredno pružiti informacije o drugim procesima, kao što su količina dospelog kosmičkog zračenja [1], formiranje ozona u stratosferi [2], razmena vazдушnih masa između stratosfere i troposfere [3] ili učestalost padavina [4].

U našem istraživanju analizirana je fraktalna priroda specifične aktivnosti Be-7 u prizemnom sloju atmosfere u Beogradu, Srbija, tokom 32-godišnjeg perioda. Sa 362 podatka o srednjim mesečnim vrednostima, ovaj skup omogućava proučavanje dugodometnih korelacija u ponašanju specifične aktivnosti Be-7. Ove analize predstavljaju prvi takav rad za lokaciju Beograd.

Materijal i metode

U našem istraživanju, koristili smo specifične aktivnosti Be-7 u Beogradu, Srbija, od februara 1991. do decembra 2022. godine. Ovi podaci su deo GRAMON (Ground Air Radioactivity Monitoring) baze podataka koja obuhvata višegodišnja merenja specifične aktivnosti

pojedinih radionuklida, uključujući i Be-7, u prizemnom sloju vazduha na sedam lokacija zapadnog regiona Balkanskog poluostrva. Za našu analizu, koristili smo podatke sa lokacije u Beogradu (44,88 °N; 20,58 °E; 95 m nadmorske visine), koji obuhvataju 362 srednje mesečne vrednosti specifične aktivnosti Be-7.

Koristili smo metodu vejevlet transformacija (Wavelet Transform; WT) za indentifikaciju karakterističnih intervala, kao i time-dependent Detrended Moving Average (tdDMA) metodu za proučavanje dinamike lokalnog Hurstovog eksponenta, s ciljem istraživanja fraktalnih karakteristika vremenske serije.

Vejevlet analiza vremenskih serija

Vejevlet analiza je često korišćena tehnika za proučavanje vremenskih serija kompleksnih sistema koji pokazuju nestacionarno ponašanje na različitim vremenskim skalama [5]. Za razliku od Furijeovog spektra snage, vejevlet spektri su glatki za nestacionarne serije [6,7], što omogućava analizu karakterističnih vremena ili intervala unutar vremenskih serija.

U istraživanju smo dobili vejevlet spektar snage koristeći set Morlet vejevleta. Vrednosti dobijenog spektra snage signala rastu unutar intervala koji obuhvataju karakteristična vremena periodičnog ponašanja signala. Međutim, ova metoda ima svoja ograničenja, budući da vejevlet koristi informacije iz susednih tačaka u određenom trenutku u vremenu, zbog čega postaje manje tačna kako vejevlet doseže krajeve vremenske serije (ovaj deo se naziva konus uticaja). Kako bismo dobili statistički relevantne rezultate koji uzimaju u obzir dužinu analizirane vremenske serije, opseg vremenskih skala koji se koristi pri računanju vejevlet spektra ograničen je konusom uticaja [8].

Analiza dinamike lokalnog Hurstovog eksponenta

U ovom istraživanju takođe smo primenili tdDMA algoritam [9] koji procenjuje samosličnost i dugodometnu korelaciju putem generalizovane varijanse oko pokretne srednje vrednosti. Generalizovana varijansa oko pokretne srednje vrednosti često se koristi u analizi različitih kompleksnih sistema, kao što su finansijska tržišta, klima i atmosfera [10–12].

Funkcionisanje tdDMA algoritama bazira se na proceni varijanse dugodometno korelisane vremenske serije oko pokretne srednje vrednosti. Funkcija standardne devijacije σ_{DMA} pokazuje zavisnost sa eksponentom H na n ($\sigma_{DMA} \propto n^H$), gde je H Hurstov eksponent koji opisuje dugodometna korelaciona svojstva ispitivane vremenske serije, a n veličina prozora na kojoj je računata srednja vrednost i njena standardna devijacija.

Vrednosti lokalnog H dobijene su tako što smo na karakterističnom intervalu računali vrednosti Hurstovog eksponenta za pokretan prozor unutar vremenske serije [13].

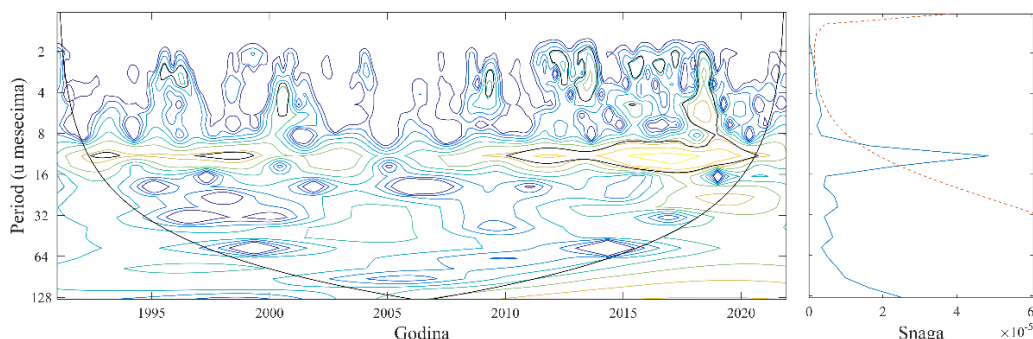
Proces je korelisan kada je vrednost Hurstovog eksponenta između 0,5 i 1, što ukazuje na pozitivnu dugodometnu korelaciju. Kada je vrednost Hurstovog eksponenta između 0 i 0,5, proces je antikorelisan, odnosno ima negativnu dugodometnu korelaciju. Kada je vrednost Hurstovog eksponenta jednaka 0,5, proces odgovara nekorelisanom Braunovom procesu.

Na osnovu vrednosti Hurstovog eksponenta razlikuju se tri režima rada vremenskih serija. Vremenska serija može se nalaziti samo u jednom režimu, na primer, imati samo pozitivnu dugodometnu korelaciju, ili može menjati režime rada. U tom slučaju, krossover predstavlja granicu promene procesa kada je vrednost Hurstovog eksponenta 0,5.

Rezultati

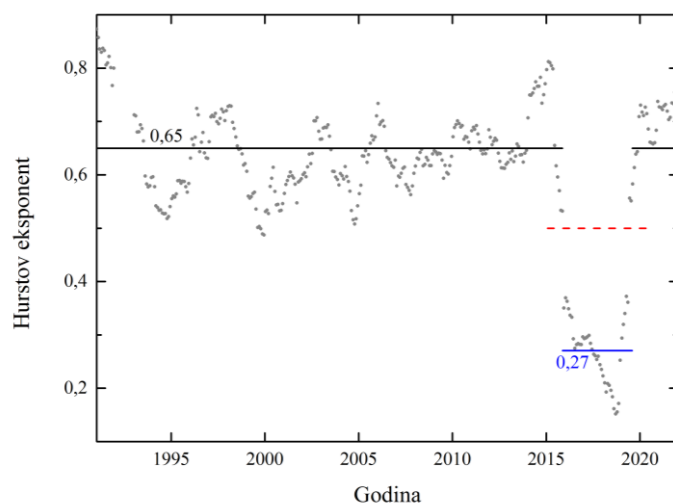
Na slici 1 prikazani su vejevlet spektar snage i globalni vejevlet spektar (raspodela snage signala na različitim skalama) specifične aktivnosti Be-7 merene u Beogradu. Oba grafika, sa

mesečnim podacima, pokazuju jasno postojanje godišnjeg karakterističnog perioda. Na grafiku vejevlet spektra snage on odgovara lokalnim maksimumima unutar spektara snage, što se na globalnom spektru manifestuje kao izražen pik na 12 meseci – karakteristični interval od jedne godine.



Slika 1: Levo – Vejevlet spektar snage specifične aktivnosti Be-7, koristeći Morlet vejevlet, normalizovan sa $1/\sigma^2$. Konusna linija predstavlja konus uticaja koji odvaja regiju od manje pouzdanih graničnih vrednosti. Desno – Globalni vejevlet spketar, konstruisan koristeći vejevlet spektar snage sa leve strane, na kojem se vidi izražen karakterističan period od jedne godine. Isprekidana crvena linija označava 95% značajnosti.

Na slici 2 prikazan je grafik lokalnih Hurstovih eksponenata dobijenih koristeći mesečne podatke specifične aktivnosti Be-7 na karakterističnom godišnjem periodu, zajedno sa srednjim vrednostima Hursta (horizontalne linije, crna i plava). Pozitivna korelisanost dobijena za dat karakteristični period predstavljena je crnom horizontalnom linijom čija je prosečna vrednost $H = 0,65$, i obuhvata ceo vremenski period izuzev od decembra 2015. do maja 2019. kada se uočava primetan pad u stepenu korelisanosti. Na slici 2 to vidimo kao horizontalnu plavu liniju čija je prosečna vrednost $H = 0,27$. Važno je naglasiti da ove vrednosti H ne odražavaju povećanje ili smanjenje specifične aktivnosti Be-7, već samo promenu režima dinamike vremenske serije – od umereno korelisanog ka izrazito antikorelisanom procesu i obrnuto, u zavisnosti od vrednosti Hurstovog eksponenta.



Slika 2: Lokalni Hurstovi eksponenti za karakteristični period od godinu dana kao funkcija vremena za mesečne podatke specifične aktivnosti Be-7 za prizemni sloj vazduha u Beogradu, Srbija, tokom 1991–2022. Razlikujemo dva perioda: crna linija sa pozitivnom dugodometnom korelacijom, i plava sa negativnom dugodometnom korelacijom. Isprekidana crvena linija pokazuje krossover za vrednost Hursta od 0,5.

Diskusija i zaključak

Analiza globalnog vejevlet spektra snage signala omogućila je identifikaciju karakterističnog jednogodišnjeg perioda unutar vremenske serije specifične aktivnosti Be-7. U okviru globalnog vejevlet spektra, nije se istakao nijedan drugi period sa statističkom značajnošću od 95%. Kako bismo identifikovali kraće periode, bilo bi potrebno koristiti podatke sa većom rezolucijom, kao što su dnevne ili nedeljne vrednosti. Za identifikaciju dužih perioda, potrebno je imati vremenske serije koje obuhvataju više godina. Prethodna istraživanja već su identifikovala sezonske promene ili periodičnosti u vremenskim serijama Be-7 [6,14,15]. Ove periodičnosti su rezultat uticaja transporta velikih vazдушnih masa na hemisferskom nivou.

Analiza vremenski zavisnog Hurstovog eksponenta pružila je dodatan uvid u kompleksnost dinamike koja karakteriše ponašanje specifične aktivnosti Be-7. Ove analize su prvi put sprovedene za merenja specifične aktivnosti Be-7 na lokaciji Beograd, Srbija. Vrednosti Hurstovog eksponenta za godišnji period pokazuju prisustvo umerene pozitivne korelacije skoro tokom celog ispitivanog perioda što sugeriše da su promene specifične aktivnosti Be-7 uglavnom spore, a ponašanje na godišnjem nivou gotovo identično. Međutim, primetan je krossover i prelazak vremenske serije iz umerene pozitivne korelisanosti u izrazito antikorelisan proces tokom perioda 2015–2020. godine.

Ipak, ova analiza ne pruža objašnjenje za uzroke navedenih promena u ponašanju vremenske serije specifične aktivnosti Be-7, niti da li je ovo specifično samo za lokaciju Beograd. Stoga bi dalja analiza mogla obuhvatiti više lokacija iz GRAMON baze podataka, kao i druge atmosferske parametre.

Zahvalnica

Rad je podržan sredstvima Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (Ugovori broj 451-03-47/2023-01/200143, 451-03-47/2023-01/200129 i 451-03-47/2023-01/200017).

Literatura

- [1] D. Lal, B. Peters. Cosmic ray produced radioactivity on the earth, Handbook of Physics Vol. 46, 1967, 551–612.
- [2] E. F. Danielsen. Stratospheric-tropospheric exchange based on radioactivity, ozone and potential vorticity, Journal of Atmospheric Sciences Vol. 25, 1968, 502–518.
- [3] P. Cristofanelli, P. Bonasoni, L. Tositti, U. Bonafè, F. Calzolari, F. Evangelisti, S. Sandrini, A. Stohl. A 6-year analysis of stratospheric intrusions and their influence on ozone at Mt. Cimone (2165 m above sea level), Journal of Geophysical Research Vol. 111 No. D3, 2006.
- [4] L. Jiwen, V. N. Starovoitova, D. P. Wells. Long-term variations in the surface air ⁷Be concentration and climatic changes, Journal of Environmental Radioactivity Vol. 116, 2013, 42-47.
- [5] J. Lewalle, M. Farge, K. Schneider. "Wavelet transforms", in Handbook of Experimental Fluid Mechanics. Eds. C. Tropea, A. L. Yarin and J. F. Foss. Springer, 2007, 1378-1398.
- [6] C. Torrence, G. P. Compo. A Practical Guide to Wavelet Analysis, Bulletin of the American Meteorological Society Vol. 79, 1998, 61-78.

- [7] Dj. Stratimirović, S. Milošević, S. Blesić, M. Ljubisavljević. Wavelet analysis of discharge dynamics of fusimotor neurons, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* Vol. 291, 2001, 13-23.
- [8] Lilly, J.M. Element analysis: A wavelet-based method for analysing time-localized events in noisy time series, *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* Vol. 473, 2017, 20160776.
- [9] A. Carbone, G. Castella, H. E. Stanley. Time-dependent Hurst exponent in financial time series, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* Vol. 344, 2004, 267-271.
- [10] D. Sarvan, D. Stratimirović, S. Blesić, V. Miljković. Scaling analysis of time series of daily prices from stock markets of transitional economies in the Western Balkans, *European Physical Journal B: Condensed Matter and Complex Systems* Vol. 87, 2014, 297-304.
- [11] D. Sarvan, M. Tošić, M. Borovinić, S. Blesić. Classification of time series of temperature variations from climatically homogeneous regions based on long - term persistence, *International Journal of Climatology* Vol. 41 No. 4, 2021, 2660-2678.
- [12] D. Sarvan, Đ. Stratimirović, S. Blesić, V. Djurdjevic, V. Miljković, J. Ajtić, Dynamics of beryllium-7 specific activity in relation to meteorological variables, tropopause height, teleconnection indices and sunspot number, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications* Vol. 469, 2017, 813–823.
- [13] Dj. Stratimirović, D. Sarvan, V. Miljković and S. Blesić. Analysis of cyclical behavior in time series of stock market returns. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* Vol. 54, 2018, 21-33.
- [14] J. V. Ajtić, D. J. Todorović, J. D. Nikolić, V. S. Đurđević. A multi-year study of radioactivity in surface air and its relation to climate variables in Belgrade, Serbia, *Nuclear Technology and Radiation Protection* Vol. 28, 2013, 381-388.
- [15] S. Bianchi, W. Plastino, E. Brattich, V. Djurdjevic, A. Longo, M. A. Hernández-Ceballos, D. Sarvan, J. Ajtić. Analysis of trends, periodicities, and correlations in the beryllium-7 time series in Northern Europe. *Applied Radiation and Isotopes* Vol. 148, 2019, 160–167.

ANALYSIS OF THE FRACTAL NATURE OF THE SPECIFIC ACTIVITY OF BERYLLIUM-7 IN THE NEAR-SURFACE LAYER OF THE ATMOSPHERE MEASURED IN BELGRADE, SERBIA (1991–2022)

Darko SARVAN¹, Đorđe STRATIMIROVIĆ², Milica RAJAČIĆ³,
Jelena KRNETA NIKOLIĆ³, Ivana VUKANAC³, Jelena AJTIĆ¹

- 1) *Belgrade University, Faculty of Veterinary Medicine, Belgrade*
- 2) *Belgrade University, Faculty of Dental Medicine, Belgrade*
- 3) *"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, Institute of National Importance for the Republic of Serbia, University of Belgrade, Radiation and Environmental Protection Department, Belgrade*

ABSTRACT

This research analyzes the fractal nature of the beryllium-7 specific activity time series in the near-surface layer of the atmosphere in Belgrade, Serbia. The aim was to study the dynamics of self-similarity in this series, with a particular focus on the annual cycle. Wavelet analysis and time-dependent detrended moving averages were used to identify characteristic intervals and estimate Hurst exponents.

The data on specific activity of beryllium-7 were obtained from the GRAMON database for the location of Belgrade (44.88 °N; 20.58 °E; 95 m a.s.l.). The time series comprises 362 monthly measurements between February 1991 and December 2022.

The results indicate a pronounced annual cycle in this time series. Moreover, changes in the local Hurst exponent reveal variations in the behavior of the time series, transitioning from moderately correlated to highly anti-correlated process between 2015. and 2020.

This finding will be a subject of a further analysis including other locations from the GRAMON database.

САДРЖАЈ

ОПШТИ ПРОБЛЕМИ ЗАШТИТЕ ОД ЗРАЧЕЊА

GENERAL PROBLEMS OF RADIATION PROTECTION..... 1

OPRAVDANOST, OPTIMIZACIJA I REFERENTNI NIVOI U SITUACIJAMA POSTOJEĆEG IZLAGANJA 2

JUSTIFICATION, OPTIMIZATION AND REFERENCE LEVELS IN EXISTING EXPOSURE SITUATIONS 8

METROPOEM PROJEKAT – METROLOGIJA ZA HARMONIZACIJU MERENJA ZAGADJIVAČA ŽIVOTNE SREDINE U EVROPI 9

METROPOEM – METROLOGY FOR THE HARMONISATION OF MEASUREMENTS OF ENVIRONMENTAL POLLUTANTS IN EUROPE 14

РАДИОЕКОЛОГИЈА И ИЗЛАГАЊЕ СТАНОВНИШТВА

RADIOECOLOGY AND POPULATION EXPOSURE..... 15

RADIOLOŠKA KARAKTERIZACIJA POLJOPRIVREDNOG ZEMLJIŠTA NA TERITORIJI VOJVODINE..... 16

RADIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF AGRICULTURAL SOIL IN THE TERRITORY OF VOJVODINA 23

MONITORING RADIOAKTIVNOSTI I PROCENA RADIJACIONOG RIZIKA U OKOLINI TERMOELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI U 2021. I 2022. GODINI 24

RADIOACTIVITY MONITORING AND RADIATION RISK ASSESSMENT IN THE SURROUNDINGS OF THERMAL POWER PLANTS IN THE REPUBLIC OF SERBIA IN 2021 AND 2022 29

GRAMON BAZA PODATAKA: DESETOGODIŠNJA MERENJA SPECIFIČNE AKTIVNOSTI BERILIJUMA-7 U VAZDUHU 30

GRAMON DATABASE: TEN YEARS OF BERYLLIUM-7 SPECIFIC ACTIVITY MEASUREMENTS. 35

ISPITIVANJE SADRŽAJA RADIONUKLIDA U VODI I SEDIMENTU, REKA SAVA 36

RADIONUCLIDES IN WATER AND SEDIMENT, SAVA RIVER 41

RADIOLOŠKA ANALIZA NEKIH VRSTA LEKOVITOG BILJA SA PODRUČJA GUČEVA I PROCENA GODIŠNJE EFEKTIVNE DOZE USLED INGESTIJE 42

RADIOLOGICAL ANALYSIS OF SOME TYPES OF MEDICINAL PLANTS FROM THE GUČEVO AREA AND ESTIMATION OF ANNUAL EFFECTIVE DOSE DUE TO INGESTATION 48

PRIMENA JONOIZMENJIVAČKIH SMOLA ZA GAMA SPEKTROMETRIJSKO ODREĐIVANJE RADIJUMA U VODI..... 49

APPLICATION OF ION EXCHANGE RESINS FOR GAMMA SPECTROMETRIC DETERMINATION OF RADIUM IN WATER..... 55

ODREĐIVANJE VEŠTAČKIH I PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORKU ZEMLJIŠTA U SVRHU INTERKOMPARACIJE IAEA-TERC-2022-02 56

DETERMINATION OF GAMMA-EMITTING ANTHROPOGENIC AND NATURAL RADIONUCLIDES IN SOIL SAMPLE FOR THE PURPOSE OF PROFICIENCY TEST IAEA-TERC-2022-02 ALMERA 61

RASPODELA KONCENTRACIJA AKTIVNOSTI PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA ŽIVOTNE SREDINE KAO POSLEDICA RADA TERMOELEKTRANE “KOLUBARA” U PERIODU 2010 – 2022. GODINE 62

THE ACTIVITY CONCENTRATION DISTRIBUTIONS OF NATURALLY OCCURRING RADIONUCLIDES IN THE ENVIRONMENTAL SAMPLES AS A RESULT OF THE OPERATION OF THE “KOLUBARA” COAL-FIRED POWER PLANT IN THE PERIOD OF 2010 – 2022. 70

RADIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF ALKALI ACTIVATED MATERIALS CONTAINING WOOD AND FLY ASH..... 71

RADIOLOŠKA KARAKTERIZACIJA ALKALNO AKTIVNIH MATERIJALA KOJI SADRŽE DRVENI I LETEĆI PEPEO	79
POTENCIJALNI ODNOS IZMEĐU KONCENTRACIJE TRICIJUMA U KIŠNICI I REKAMA.....	80
RELATIONSHIP BETWEEN TRITIUM CONCENTRATIONS IN PRECIPITATION AND RIVERS.....	85
ANALIZA TRENDA PROMENE UKUPNE ALFA I UKUPNE BETA AKTIVNOSTI U POLJOPRIVREDNOM EKOSISTEMU.....	86
ANALYSIS OF TREND OF THE GROSS ALPHA AND GROSS BETA ACTIVITY IN THE AGRICULTURAL ECOSYSTEM.....	92
AKUMULACIJA RADIONUKLIDA IZ ZEMLJIŠTA U PLODOVIMA LEŠNIKA	93
ACCUMULATION OF RADIONUCLIDES FROM SOIL IN HAZELNUT FRUITS.....	102
REZULTATI MERENJA PRIVATNE MERNE STANICE U POŽAREVCU ZA KONTINUALNO MERENJE AMBIJENTALNOG EKVIVALENTA DOZE ZA 2021. I 2022. GODINU	103
MEASUREMENT RESULTS OF PRIVATE MEASURING STATION IN POŽAREVAC FOR CONTINUOUS MEASUREMENT OF AMBIENT DOSE EQUIVALENT FOR 2021 AND 2022	109
ISPITIVANJE KONCENTRACIJE RADIONUKLIDA U SEDIMENTU PODMORJA CRNE GORE	110
CONCENTRATION OF RADIONUCLIDES IN THE SUBMARINE SEDIMENT OF MONTENEGRO	115
SADRŽAJ RADIONUKLIDA I DOZA INGESTIJOM ZA ČAJEVE SPRAVLJENE OD LEKOVITOG BILJA SA TERITORIJE REPUBLIKE SRBIJE.....	116
RADIONUCLIDE CONTENT AND INGESTION DOSE FOR TEA MADE FROM MEDICINAL HERBES FROM THE THERITORY OF REPUBLIC OF SERBIA	121
ANALIZA FRAKTALNE PRIRODE SPECIFIČNE AKTIVNOSTI BERILIJUMA-7 U PRIZEMNOM SLOJU ATMOSFERE MERENE U BEOGRADU, SRBIJA (1991-2022)	122
ANALYSIS OF THE FRACTAL NATURE OF THE SPECIFIC ACTIVITY OF BERYLLIUM-7 IN THE NEAR-SURFACE LAYER OF THE ATMOSPHERE MEASURED IN BELGRADE, SERBIA (1991–2022)	127
FLY-ASH FOR USAGE IN THE BUILDING MATERIAL INDUSTRY	128
UPOTREBA LETEĆEG PEPELA U INDUSTRIJI GRAĐEVINSKOG MATERIJALA	136
IZBOR REFERENTNOG DATUMA ZA PREZENTOVANJE AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA U VREMENSKI KOMPOZITNIM UZORCIMA.....	137
SELECTION OF REFERENCE DATE FOR PRESENTATION OF RADIONUCLIDE ACTIVITY IN TIME-COMPOSITE SAMPLES.....	142
SADRŽAJ RADIONUKLIDA I TEŠKIH METALA U OTPADNOM TALOGU OD PREČIŠĆAVANJA RASTVORA ZA ELEKTROLIZU CINKA U “ZORKI” ŠABAC	143
CONTENT OF RADIONUCLIDES AND HEAVY METALS IN THE WASTE PRECIPITATE FROM THE PURIFICATION OF THE SOLUTION FOR THE ELECTROLYSIS OF ZINC IN "ZORKA" ŠABAC	152
SOIL TO PLANT TRANSFER OF CS-137, SR-90, RA-226, PB-210 AND K-40 IN DIFFERENT AGRICULTURAL PRODUCTS IN CROATIA.....	153
PRIENOS CS-137, SR-90, RA-226, PB-210 I K-40 IZ TLA U BILJKU U RAZLIČITIM POLJOPRIVREDNIM KULTURAMA U HRVATSKOJ	159
RADON	
RADON.....	160
MERENJE RADIOAKTIVNOSTI I EKSHALACIJE RADONA IZ KONCENTRATA ARSENA KORIŠĆENOG U INDUSTRIJI CINKA „ZORKA” ŠABAC	161
MEASUREMENTS OF RADIOACTIVITY AND RADON EXHALATION FROM THE ARSENIC CONCENTRATE USED IN THE ZINC INDUSTRY "ZORKA" ŠABAC	171

RADON U SREDNJIM ŠKOLAMA U CRNOJ GORI.....	172
RADON IN SECONDARY SCHOOLS IN MONTENEGRO.....	177
RAZVOJ METODOLOGIJE ZA BRZU DIJAGNOSTIKU POVIŠENIH NIVOA RADONA I ANALIZU GEOLOŠKIH FAKTORA U RADONOM UGROŽENIM PODRUČJIMA	178
DEVELOPMENT OF METHODOLOGY FOR RAPID DIAGNOSTIC OF ELEVATED RADON LEVELS AND ANALYSIS OF GEOLOGICAL FACTORS IN RADON PRIORITY AREAS.....	185
MERENJE KONCENTRACIJE RADONA U ZATVORENOM PROSTORU – PRIKAZ JEDNOG SLUČAJA.....	186
INDOOR RADON CONCENTRATION MEASUREMENT - CASE STUDY.....	195
TRACERADON PROJEKAT – PREGLED NAJVAŽNIJIH REZULTATA.....	196
TRACERADON PROJECT – AN OVERVIEW OF SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS	205
MONITORING KONCENTRACIJE RADONA U RADNOM PROSTORU, LABORATORIJA PMF-A U KOSOVSKOJ MITROVICI.....	206
MONITORING OF RADON CONCENTRATION IN THE WORKPLACE, LABORATORY OF FACULTY IN KOSOVSKA MITROVICA.....	211
ISPITIVANJE KONCENTRACIJE AKTIVNOSTI RADONA SA VODOIZVORIŠTA U CRNOJ GORI.....	212
INVESTIGATION OF RADON ACTIVITY CONCENTRATION FROM WATER SOURCES IN MONTENEGRO	218
METODE DETEKCIJE I MERNA INSTRUMENTACIJA	
DETECTION METHODS AND MEASUREMENT INSTRUMENTATION.....	219
PONOVLJIVOST ODREĐIVANJA AKTIVNOSTI RADIONUKLIDA CS-137 IZ CILINDRIČNOG RADIOAKTIVNOG IZVORA.....	220
REPEATABILITY OF CS-137 RADIONUCLIDE ACTIVITY DETERMINATION FROM CYLINDRICAL RADIOACTIVE SOURCE	224
VARIJACIJE FONA HPGE DETEKTORA	225
BACKGROUND VARIATIONS OF HPGE DETECTORS	231
INTERNA KONTROLA KVALITETA HPGE GAMASPEKTROMETRIJSKOG SISTEMA.....	232
INTERNAL QUALITY CONTROL OF HPGE GAMMA SPECTROMETRY SYSTEM.....	237
ODREĐIVANJE SADRŽAJA PRIRODNIH RADIONUKLIDA U UZORCIMA MINERALNIH ĐUBRIVA.....	238
DETERMINATION OF THE CONTENT OF NATURAL RADIONUCLIDES IN SAMPLES OF MINERAL FERTILIZERS.....	244
GODIŠNJA KONTROLA DETEKTORA INSPECTOR 1000 I RADEYE PRD	245
ANNUAL CONTROL OF INSPECTOR 1000 AND RADEYE PRD DETECTORS.....	251
UPOTREBA FRAM SOFTVERA U ANALIZI GAMA SPEKTARA NUKLEARNIH MATERIJALA ...	252
FRAM SOFTVER	252
THE USE OF FRAM SOFTWARE IN THE ANALYSIS OF GAMMA SPECTRA OF NUCLEAR MATERIALS	258
REZULTATI ISPITIVANJA SONDE S1 SA KOMPENZACIONIM FILTEROM ZA MERENJE AMBIJENTALNOG EKVIVALENTA DOZE ZA UREĐAJ DMRZ-M15	259
TEST RESULTS OF PROBE S1 WITH COMPENSATION FILTER FOR MEASURING THE AMBIENT EQUIVALENT DOSE USED WITH DMRZ-M15 SURVEY METER	264
MERNA NESIGURNOST AMBIJENTALNIH FOTONSKIH DOZIMETARA U IMPULSNOM REŽIMU RADA SA POSEBNIM OSVRTOM NA UTICAJ OSETLJIVOSTI DETEKCIJE I VREMENA MERENJA	265

MEASUREMENT UNCERTAINTY OF AMBIENT PHOTON DOSIMETERS IN PULSE MODE OPERATION WITH SPECIAL EMPHASIS TO THE INFLUENCE OF DETECTION SENSITIVITY AND MEASUREMENT TIME	271
PRIPREMA RADIOAKTIVNIH STANDARDA ZA KALIBRACIJU GAMA SPEKTROMETARA	272
PREPARATION OF RADIOACTIVE STANDARDS FOR CALIBRATION OF GAMMA SPECTROMETER	279
ODREĐIVANJE SR-89 I SR-90 ČERENKOVLEJIVIM BROJENJEM.....	280
DETERMINATION OF SR-89 AND SR-90 BY CHERENKOV COUNTING.....	286
ANALIZA FLUKSA I DOZNIH EFEKATA TERESTRIJALNOG SKYSHINE ZRAČENJA	287
ANALYSIS OF FLUX AND DOSE EFFECTS OF TERRESTRIAL SKYSHINE RADIATION	292
KALIBRACIJA LSC DETEKTORA U OKVIRU RAZVOJA METODE ZA MERENJE URANIJUMA U PODZEMNIM VODAMA	293
CALIBRATION OF LSC DETECTOR FOR THE DEVELOPMENT OF METHOD FOR MEASURING URANIUM IN GROUNDWATER.....	297
ЗАШТИТА ОД ЗРАЧЕЊА У МЕДИЦИНИ	
RADIATION PROTECTION IN MEDICINE	298
ANALIZA RASEJANJA ZRAČENJA OD ZAUSTAVLJAČA SNOPA KOD LINEARNIH MEDICINSKIH AKCELERATORA	299
ANALYSIS OF RADIATION SCATTERING FROM BEAM STOPPERS AT LINEAR MEDICAL ACCELERATORS	305
UNAPREĐENJE ZAŠTITE MEDICINSKOG OSOBLJA KOJE UČESTVUJE U FLUOROSKOPSKI VOĐENIM INTERVENTNIM PROCEDURAMA UVOĐENJEM POLUAUTOMATSKOG SISTEMA UPRAVLJANJA VISEĆIM ZAŠTITNIM EKCRANOM.....	306
IMPROVING THE PROTECTION OF MEDICAL STAFF PARTICIPATING IN FLUOROSCOPICALLY GUIDED INTERVENTIONAL PROCEDURES BY INTRODUCING A SEMI-AUTOMATIC SYSTEM FOR MANAGING A CEILING-SUSPENDED PROTECTIVE SCREEN	312
NOVI PRISTUP U KONSTRUKCIJI ZAŠTITE U BRAHITERAPIJI-BRAHITERAPIJSKA KOMORA	313
A NEW APPROACH IN THE CONSTRUCTION OF PROTECTION IN BRACHYTHERAPY – BRACHYTHERAPY CHAMBER.....	320
EKSPERIMENTALNI MODEL ZA PROCENU MOGUĆEG RADIOPROTEKTIVNOG EFEKTA BILJNOG EKSTRAKTA	321
EXPERIMENTAL MODEL FOR ASSESSING THE POSSIBLE RADIOPROTECTIVE EFFECT OF PLANT EXTRACT	327
CT PROTOKOL I VRIJEDNOSTI DOZA ZA PREGLED UROGRAFIJE.....	328
CT PROTOCOL AND DOSE VALUES FOR UROGRAPHY EXAMINATION	334
STANJE RENDGEN-APARATA U DIJAGNOSTIČKOJ RADIOLOGIJI U CRNOJ GORI.....	335
THE CONDITION OF X-RAY MACHINES IN DIAGNOSTIC RADIOLOGY IN MONTENEGRO	341
VALIDACIJA ITLC METODE ZA ODREĐIVANJE SADRŽAJA RADIOHEMIJSKE NEČISTOĆE C U ^{99m} Tc-MIBI INJEKCIJI	342
VALIDATION OF AN ITLC METHOD FOR THE DETERMINATION OF RADIOCHEMICAL IMPURITIES C IN ^{99m} Tc-MIBI INJECTION.....	349
METODA ISPITIVANJA FIZIOLOŠKE RASPODELE ^{99m} Tc-DPD.....	350
METHOD FOR INVESTIGATION OF PHYSIOLOGICAL DISTRIBUTION OF ^{99m} Tc DPD	355
AUTOMATIZACIJA PROCESA PROIZVODNJE RADIOFARMACEUTIKA U CILJU SMANJENJA DOZE ZRAČENJA OPERATERA.....	356

AUTOMATION OF THE PRODUCTION OF RADIOPHARMACEUTICAL WITH THE AIM TO REDUCE THE OPERATOR'S RADIATION DOSE	360
--	-----

ДОЗИМЕТРИЈА**DOSIMETRY361**

USPOSTAVLJANJE ETALONSKOG POLJA ZA MALE VREDNOSTI JAČINE DOZNOG EKVIVALENTA	362
ESTABLISHING CALIBRATION FIELD FOR SMALL VALUES OF DOSE EQUIVALENT RATE....	368
EVALUATION OF DIAGNOSTIC RADIOLOGY DETECTOR PERFORMANCE IN REFERENCE MAMMOGRAPHY RADIATION FIELDS	369
EVALUACIJA PERFORMANSI DETEKTORA ZA DIJAGNOSTIČKU RADIOLOGIJU U REFERENTNIM POLJIMA ZRAČENJA ZA MAMMOGRAFIJU	375
PROVERA RADIOTERAPIJSKIH USTANOVA SRBIJE OD 2019. DO 2022. GODINE POŠTANSKOM DOZIMETRIJOM U VELIČINI APSORBOVANA DOZA U VODI.....	376
POSTAL DOSIMETRY AUDIT OF RADIOTHERAPY CENTERS IN SERBIA FOR THE PERIOD FROM 2019. TO 2022. IN TERMS OF ABSORBED DOSE TO WATER	381
THE INFLUENCE OF COMPRESSION PADDLE POSITIONING ON HVL MEASUREMENTS IN MAMMOGRAPHY	382
UTICAJ POZICIJE KOMPRESIJE PAPUČICE NA HVL MERENJA U MAMMOGRAFIJI	386
PRIMENA TL DOZIMETARA ZA ISPITIVANJE TAČNOSTI ISPORUČENE DOZE U OZRAČIVAČU KRVI	387
APPLICATION OF TL DOSIMETERS FOR TESTING THE ACCURACY OF DELIVERED DOSE IN BLOOD IRRADIATOR	393

БИОЛОШКИ ЕФЕКТИ ЈОНИЗУЈУЋИХ ЗРАЧЕЊА**BIOLOGICAL EFFECTS OF IONIZING RADIATION394**

SINTEZA LUTECIJUMA(III) KOMPLEKSA SA POLIAZAMAKROCIKLICNIM LIGANDOM	395
SYNTHESIS OF LUTETIUM(III) COMPLEX WITH A POLYAZAMACROCYCLIC LIGAND.....	400
ANTIOKSIDATIVNI I RADIOPROTEKTIVNI EFEKAT FLAVONOIDA NA UČESTALOST MIKRONUKLEUSA U HUMANIM LIMFOCITIMA	401
ANTIOXIDATIVE AND RADIOPROTECTIVE EFFECT OF FLAVONOIDS ON FREQUENCY OF MICRONUCLEI IN HUMAN LYMPHOCYTES	405
PROMENE GENETIČKOG MATERIJALA U LIMFOCITIMA PERIFERNE KRVI IZLOŽENIH U VANREDNOM DOGAĐAJU NA GRANIČNOM PRELAZU BEZDAN.....	406
CYTOGENETIC CHANGES IN PERIPHERAL BLOOD LYMPHOCYTES OF THE EXPOSED PERSONS IN THE EMERGENCY EVENT AT THE BORDER CROSSING BEZDAN	410
ANALIZA ZDRAVSTVENOG STANJA RADNIKA NA CARINSKOM PRELAZU AKCIDENTALNO IZLOŽENIH RADIOAKTIVNOM ZRAČENJU.....	411
ANALYSIS OF THE HEALTH CONDITION AFTER THE EMERGENCY EVENT AT BEZDAN BORDER CROSSING	416
THE EFFECT OF HONEY ON MALONDIALDEHYDE LEVEL IN PLASMA EXPOSED TO A THERAPEUTIC DOSE OF RADIATION.....	417
DELOVANJE MEDA NA NIVO MALONDIALDEHIDA U PLAZMI IZLOŽENOJ TERAPIJSKOJ DOZI ZRAČENJA.....	423
OKSIDATIVNI STATUS KOD PACIJENATA OBOLELIH OD DOBRO DIFERENTOVANIH KARCINOMA ŠTITASTE ŽLEZDE NAKON TERAPIJE ¹³¹ I.....	424
OXIDATIVE STATUS IN PATIENTS SUFFERED FROM WELL DIFFERENTIATED THYROID CARCINOMA AFTER ¹³¹ I THERAPY.....	429

РАДИОАКТИВНИ ОТПАД И ДЕКОНТАМИНАЦИЈА RADIOACTIVE WASTE AND DECONTAMINATION430

BEZBEDNO UPRAVLJANJE ZATVORENIM IZVORIMA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA: MOGUĆI PRISTUPI, RUKOVANJE, KONDICIONIRANJE I SKLADIŠTENJE	431
SAFE MANAGEMENT OF SEALED RADIOACTIVE SOURCES: POSSIBLE APPROACHES, HANDLING, CONDITIONING AND STORAGE	438
EFIKASNOST I KAPACITET SORPCIJE JONA BA^{2+} ZEOLITOM 4A I PRIRODNIM KLINOPTILOLITOM I UTICAJ KOMPETICIJE SA JONIMA SR^{2+}	439
EFFICIENCY AND CAPACITY OF BA^{2+} IONS SORPTION BY ZEOLITE 4A AND NATURAL KLINOPTILOLITE AND INFLUENCE OF COMPETING SR^{2+} IONS.....	444
PREGLED POTENCIJALNIH PRIMENA OTPADNOG STAKLA EKRANA U MALTER-MATRIKSU ZA IMOBILIZACIJU TEČNOG RADIOAKTIVNOG OTPADA	445
OVERVIEW OF POTENTIAL APPLICATIONS OF SCREEN WASTE GLASS IN MORTAR-MATRIX FOR LIQUID RADIOACTIVE WASTE IMMOBILIZATION	451
ПРОБНИ РАД ПОСТРОЈЕЊА ЗА ПЕРЕАДУ РАДИОАКТИВНОГ ОТПАДА БЕЗ РАДИОАКТИВНИХ И НУКЛЕАРНИХ МАТЕРИЈАЛА	452
TRIAL OPERATION OF THE RADIOACTIVE WASTE PROCESSING FACILITY WITHOUT RADIOACTIVE AND NUCLEAR MATERIALS	460
UPRAVLJANJE RADIOAKTIVNIM OTPADOM INSTITUTA ZA ONKOLOGIJU I RADIOLOGIJU SRBIJE	461
RADIOACTIVE WASTE MANAGEMENT OF THE INSTITUTE FOR ONCOLOGY AND RADIOLOGY OF SERBIA	468

РЕГУЛАТИВА, ЕДУКАЦИЈА И ЈАВНО ИНФОРМИСАЊЕ REGULATION, EDUCATION AND PUBLIC INFORMATION469

PRIMENA KAZNENIH MERA U INSPEKCIJSKOM NADZORU	470
APPLICATION OF PENALTIES IN INSPECTION OVERSIGHT	476
TERMINOLOGIJA U OBLASTI RADIJACIONE I NUKLEARNE SIGURNOSTI I BEZBEDNOSTI – IZAZOVI.....	477
TERMINOLOGY IN THE FIELD OF RADIATION AND NUCLEAR SAFETY AND SECURITY – CHALLENGES	482
SECURITY CHALLENGES DUE TO THE APPEARANCE OF COUNTERFEIT, FAKE AND SUSPICIOUS ITEMS IN THE NUCLEAR SUPPLY CHAIN.....	488
UNAPREĐENJE REGULATORNOG OKVIRA U OBLASTI PRIMENE IZVORA ZRAČENJA U MEDICINI.....	489
IMPROVEMENT OF THE REGULATORY FRAMEWORK IN THE FIELD OF APPLICATION OF RADIATION SOURCES IN MEDICINE.....	495
GENERALNA PREVENCIJA ILEGALNE TRGOVINE RADIOAKTIVNIH MATERIJALA	496
GENERAL PREVENTION OF RADIOACTIVE MATERIALS ILLICIT TRAFFICKING.....	508

НЕЈОНИЗУЈУЋА ЗРАЧЕЊА NON-IONIZING RADIATION.....509

UTICAJ EVOLUCIJE MOBILNIH TEHNOLOGIJA NA IZLAGANJE LJUDI EM POLJIMA	510
THE INFLUENCE OF THE EVOLUTION OF MOBILE TECHNOLOGIES ON THE EXPOSURE OF PEOPLE TO EM FIELDS	518
ФОТОТЕРАПИЈА ЗА НЕОНАТАЛНУ ХИПЕРБИЛИРУБИНЕМИЈУ	519
PHOTOTHERAPY FOR NEONATAL HYPERBILIRUBINEMIA	525