



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.

SINTEZA LUTECIJUMA(III) KOMPLEKSA SA POLIAZAMAKROCİKLIČNIM LIGANDOM

Vojislav STANIĆ¹, Slađana TANASKOVIĆ², Ivana JELIĆ¹, Marija JANKOVIĆ¹,
Dragoljub JOVANOVIĆ³, Tamara GERIĆ⁴, Branislav NASTASIJEVIĆ¹

- 1) *Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Beograd, Srbija,*
- 2) *Univerzitet u Beogradu, Farmaceutski fakultet, Beograd, Srbija,*
- 3) *Univerzitet u Beogradu, Veterinarski fakultet, Beograd, Srbija,*
- 4) *Institut za higijenu i tehnologiju mesa, Beograd, Srbija,*

Autor za korespondenciju: Vojislav STANIĆ, voyo@vinca.rs

SAŽETAK

Radijaciono zračenje predstavlja specifičan način onkološkog lečenja, kod kojeg se antitumorski efekat postiže dejstvom jonizujućeg zračenja. Visokoenergetsko jonizujuće zračenje oštećuje genetski materijal ćelija tumorskog tkiva i tako ograničava ili onemogućuje njihovu sposobnost daljnjeg deljenja. Radioizotopi koji se koriste u lečenju u većini slučajeva generišu beta zračenje koje izaziva uništenje obolelih ćelija. Interesovanje za razvoj ¹⁷⁷Lu kao radiofarmaceutika može se pripisati podobnosti njegovih nuklearnih svojstava za terapijsku upotrebu, emisija β(-) i γ zračenja i njegovo dobro kompleksiranje sa raznim ligandima. U ovom radu je prikazana preliminarna sinteza kompleksa Lu(III) sa poliazamakrocikličnim ligandom.

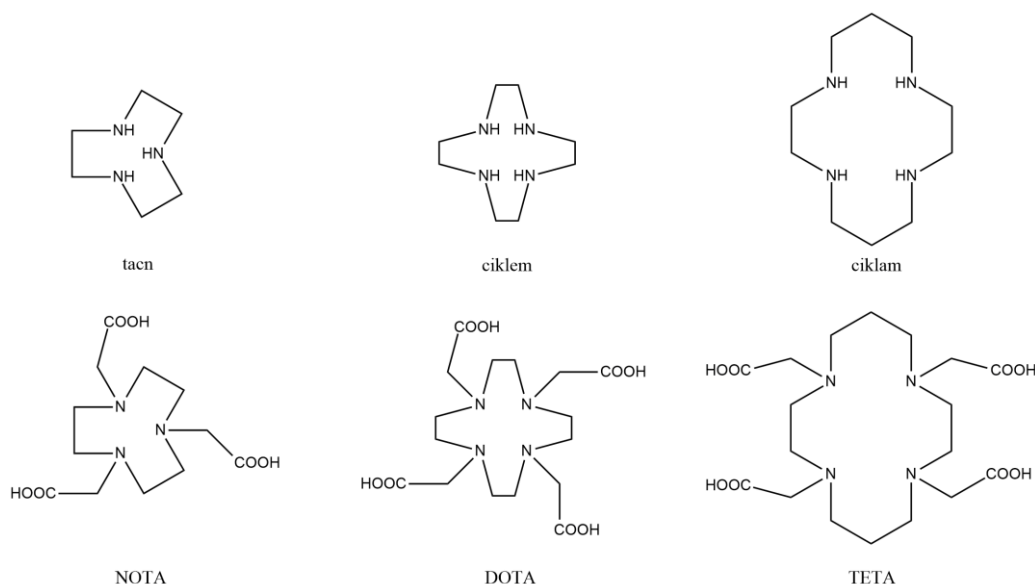
Uvod

Radionuklidi i radiofarmaceutici se u medicini široko primenjuju u dijagnostici kao obeleživači ili u terapiji kao ozračivači. Radiofarmaceutik se sastoji od radionuklida koji je hemijski vezan za biološki aktivna jedinjenja. Svrha radionuklida u radiofarmaceutiku je da se on nakon aplikacije detektuje i prati njegove metaboličke distribucije u živom biološkom sistemu odgovarajućim uređajima, dok farmaceutik ima ulogu vezivanja za ispitivani organ ili učestvuje u njegovoj fiziološkoj funkciji. Primena radiofarmaceutika je u stalnom razvoju i postala je veoma važna za kliničku praksu. Izotopi koji se koriste u dijagnostici su gama i pozitronski emiteri sa emiterima alfa i beta čestica od interesa za ciljane aplikacije radioterapije. Izotopi koji se najčešće koriste u dijagnostici su: ^{99m}Tc, ¹¹¹In, ⁶⁸Ga i ⁹⁰I. Tehnecijum-99m je najpoznatiji i najviše korišćeni radionuklid u dijagnostici [1].

Pored dijagnostike, radiofarmaceutici se sve više koriste i u terapiji. Princip primene radiofarmaceutika se zasniva na selektivnoj depoziciji doza jonizujućeg zračenja u tkivima tumora ili organa koji se tretiraju. Savremena nuklearna medicina za terapiju koristi radionuklide koji emituju beta čestice ili istovremeno beta čestice i prateće gama zračenje koje se koristi za dozimetriju, praćenje akumulacije i *in vivo* kontrolisanje efekata terapije. Terapijska primena farmaceutika u nuklearnoj medicini se zasniva na principu njegovog karakterističnog metabolisanja. Uspešnost terapije pomoću radiofarmaceutika ne zavisi samo od njegovih fizičkih, hemijskih i biohemijskih osobina već i od prirode i lokacije patološkog procesa. U svetu se vrše intenzivna istraživanja u cilju izbora najpogodnijeg radionuklida za datu patološku indikaciju. Vreme poluraspada radionuklida mora biti optimizovano kako bi se postigao željeni terapijski efekat, i da se tretman po potrebi može ponoviti. U terapijske svrhe se najviše koriste radionuklidi – ³²P, ⁸⁹Sr, ⁹⁰Y i ¹³¹I, razmatraju se novi, kao što su, na primer, ¹⁵³Sm, ¹⁸⁶Re ili ¹⁸⁸Re. Jedan od potencijalno vrlo korisnih radionuklida je ¹⁷⁷Lu.

Njegovo vreme poluraspada iznosi 6,7 dana i emituje visoko energetske beta čestice sa $E\beta_{\text{max}} = 497 \text{ keV}$ (78.6 %), 384 keV (9.1 %) i 176 keV (12.2 %), i gama fotone $E\gamma = 208 \text{ keV}$ (11.1%), 113 keV (6.6%). Postoje i višestruki rendgenski zraci niske energije (65 keV ili manje), ali emituju se u kratkom vremenskom periodu [2]. Prisustvo gama fotona omogućava procenu efikasnosti lečenja primenjenog ^{177}Lu . Trenutno, ^{177}Lu se može koristiti za lečenje stanja poput raka prostate, neuroendokrinih tumora i određenih metastatskih lezija na kostima i na limfnim čvorovima [3-5].

Makrociklični ligandi, koordinacijom sa metalnim jonima grade stabilne komplekse različitih struktura, katalitičkih, redoks i drugih osobina. Neki od njih se koriste kao modeli za aktivne centre metaloenzima, potencijalno su bioaktivni, mogu se koristiti u raznim oblastima medicine u oblasti dijagnostike ili za lečenje raznih bolesti [6, 7]. Upotreba makrocikličnih liganada kao helatora u radiofarmaceutskim preparatima i formiranje bifunkcionalnih helatora je predmet mnogih istraživanja u svetu [5, 8]. Posebno su interesantni azamakrociklični ligandi, zbog svojih koordinativnih svojstava koja delimično zavise od veličine njihovog prstena i raznih bočnih modifikacija sa ligatorskim funkcionalnim grupama. Najčešće do sada istraživani azamakrociklični ligandi u sintezi radiofarmaceutika su: tacn, ciklen, ciklam, NOTA, DOTA i TETA, kao i njihovi supstitucionni dervati Slika 1. [9]



Slika 1. Azamakrociklični ligandi korišćeni u sintezi radiofarmaceutika [9].

U ovom radu, 1,4,8,11-tetraazaciklotetradekan (ciklam) kao makrociklični ligand je korišćen za sintezu kompleksa sa jonom lutecijuma (III).

Eksperimentalni deo

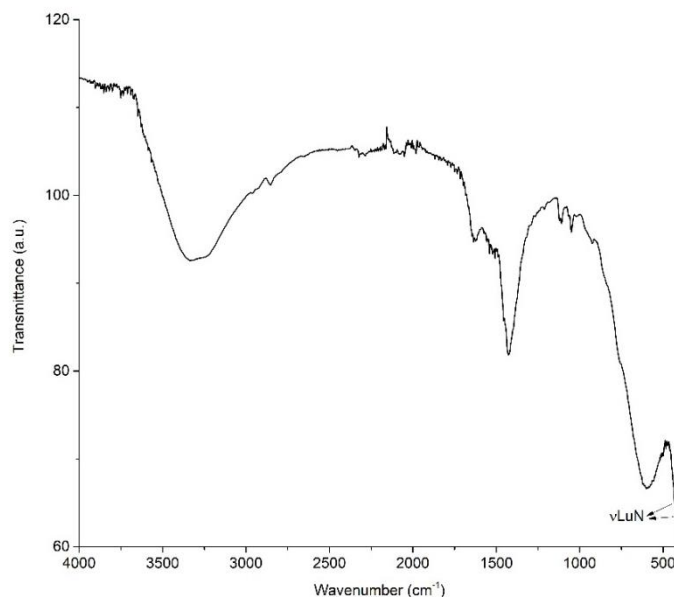
Hemikalije: LuCl_3 i CH_3CN dobijene od Merck, Nemačka; 1,4,8,11-tetraazaciklo- tetradekan (ciklam) od Aldrich, USA, sve hemikalije su p.a. čistoće.

Rastvor LuCl_3 (35 mg; 0,125 mmol) u vodi (5 mL) i suspenzija ciklama (25,15 mg; 0,125 mmol) u CH_3CN (5 mL) su pomešani i zagrevani na vodenom kupatilu ($80 \text{ }^\circ\text{C}$) 48 h uz mešanje i refluks. Nakon toga je reakciona smeša filtrirana pod vakuumom, prekrivena parafilnom koji je perforiran i ostavljena u frižideru preko noći. Beli mikrokristali su se pojavili nakon nekoliko dana, izolovani vakuum filtracijom i ostavljeni u eksikatoru iznad silika gela.

Infracrveni spektri su snimljeni na NICOLET-u6700 FTIR (ATR tehnika) u opsegu 400–4000 cm^{-1} .

Rezultati i diskusija

Infracrvena spektroskopija (IR) se može koristiti za identifikaciju jedinjenja i proučavanje odgovarajućih hemijskih interakcija metal-ligand u koordinacionoj hemiji. Frekvencije na kojima molekuli apsorbuju IR zračenje zavise od funkcionalnih grupa, unutrašnjih vibracija molekula, i interakcije sa okolnim molekulima. Slika 2. prikazuje FTIR spektar sintetizovanog kompleksnog jona $[\text{Lu}(\text{tpmc})]^{3+}$.



Slika 2. Infracrveni spektar dobijenog kompleksnog jona $[\text{Lu}(\text{ciklam})]^{3+}$.

U Tablici 1. prikazane su karakteristične frekvencije za ciklam i dobijeni kompleksni jon $[\text{Lu}(\text{ciklam})]^{3+}$. Slobodan ligand ciklam u IR spektrima pokazuje više karakterističnih νNH traka u oblasti od 3300 do 3000 cm^{-1} koje potiču od slobodnih $-\text{NH}$ grupa kao i od njihovih međusobnih vodoničnih veza. U kompleksnom jonu $[\text{Lu}(\text{ciklam})]^{3+}$ navedene νNH trake su spojene u jednu široku, kao posledica koordinativnog vezivanja jona $\text{Lu}(\text{III})$ za $-\text{NH}$ grupe iz liganda. Najintenzivnije trake na oko 1467 i 1428 cm^{-1} u ligandu i kompleksu mogu se pripisati δCH asimetričnom i simetričnom vibracijama. Traka na 1128 cm^{-1} u ligandu je pomeren na 1122 cm^{-1} i 1110 cm^{-1} u kompleksu što odgovara νCN vibraciji. Slaba traka na 1068 cm^{-1} u ligandu ostaje na istoj frekvenciji u kompleksu; prema tome, ovaj opseg se može pripisati νCC vibraciji. Traka koja se nalazi samo u spektru kompleksa na 1016 cm^{-1} treba da odgovara δNH modu [10]. Trake na 430 i 421 cm^{-1} se nalaze samo u spektru kompleksa i pripisuju se valencionim vibracijama (νLuN). Frekvencije dodeljene νLuN modovima su u opsegu sličnim za νCuN trake u kompleksu $\text{Cu}(\text{II})$ sa ciklamomi νCrN u kompleksu $\text{Cr}(\text{III})$ sa 1,4,8,12-tetraazaciklopentadekanom [10, 11]. Pomeranje ili gubitak odgovarajućih frekvencija karakterističnih za ciklam kao i pojava novih frekvencija na 430 i 421 cm^{-1} u kompleksnom jonu $[\text{Lu}(\text{ciklam})]^{3+}$ su posledica promene u strukturi liganda usled koordinativnog vezivanja ligandnih atoma N za jon $\text{Lu}(\text{III})$.

Tablica 1. Položaj infracrvenih frekvencija u ligandu ciklamu [10] i u kompleksnom jonu [Lu(ciklam)]³⁺

Ciklam	[Lu(ciklam)] ³⁺	Tip vibracije
	3330 vs	vOH (H ₂ O prisutna)
3268 vs	3226 vs	
3187vs		vNH
3000 ms		
2917 bs		
2873 bs	2850 m	vCH
2803 bvs		
2657 ms	2647 vw	
2589 vw		
	1620 m	
1519 ms	1520 vw	
1467 vs	1457 (rame)	δCH
1434 sh	1428	
1377 vw		
1335 s	1337 vw (prevoj)	vCC + δCH
1286 s	1287 vw	
1254 sh		
1207 s	1210 vw	
1128 vs	1122 w	vCN + δCH
	1110	
	1116 vw	
1068 s	1068 vw	
	1050 w	
967 s		δNH
941 sh	924 vw	
894 bms		ρCH
832 vs		ρCH + CC
794 ms		
522 ms		Makrociklične deformacije
	430	vLuN
	421	
380 w		
337 s		
272 w		Makrociklične deformacije
261 w		
210 vs		
188 s		
129 bms		

*Relativni intenzitet: ms, veoma jaka; s, jaka; m, srednja; w, slaba; vw, veoma slaba; b, široka

Zaključak

Sintetisan je novi katjonski kompleks Lu (III) sa makrocikličnim ligandom, 1,4,8,11-tetraazaciklotetradekanom (ciklam). Podaci infracrvene spektroskopije sugerišu da je makrociklični ligand preko atoma azota koordinativno vezan za jon Lu (III).

Zahvalnica

Istraživanje je finansijski podržano od strane Ministarstva za nauku, tehnološki razvoj i inovacije Republike Srbije (evidencioni broj Aneksa ugovora: 451-03-47/2023-01/200017).

Literatura

- [1] J. Vučina, R. Han. Primena radionuklida u terapiji. Medicinski Pregled Vol 5-6, 2001,245-250.
- [2] B. P. Van Wyk, F. Hasford, N. E. Nyakale, M.-D.-T. Vangu, B. Oelofse, H. M. Leboea, Critical appraisal of radionuclide calibrators and gamma cameras prior to Lutetium-177 internaldosimetry at two south african hospitals. World Journal of Nuclear Medicine, 2022, 21.01: 044-051.
- [3] C. J. Smith, H. Gali, G. L. Sieckman, D. L. Hayes, N. K. Owen, D. G. Mazuru, W. A. Volkert, T. J. Hoffman, Radiochemical investigations of ^{177}Lu -DOTA-8-Aoc-BBN[7-14]NH₂: an *in vitro/in vivo* assessment of the targeting ability of this new radiopharmaceutical for PC-3 human prostate cancer cells. Nuclear Medicine and Biology 30,2003, 101–109.
- [4] R. Bergmann, M. Meckel, V. Kubiček, J. Pietzsch, J. Steinbach, P. Hermann, F. Rösch, ^{177}Lu -labelled macrocyclic bisphosphonates for targeting bone metastasis in cancer treatment. EJNMMI Research Vol 6, 2016, 5. doi:10.1186/s13550-016-0161-3
- [5] J. M. Kelly, A. Amor-Coarasa, A. Nikolopoulou, D. Kim, C. Williams Jr., S. Vallabhajosula, J. W. Babich, Assessment of PSMA targeting ligands bearing novel chelates with application to theranostics: Stability and complexation kinetics of $^{68}\text{Ga}^{3+}$, $^{111}\text{In}^{3+}$, $^{177}\text{Lu}^{3+}$ and $^{225}\text{Ac}^{3+}$. Nuclear Medicine and Biology Vol 55, 2017, 38–46. doi:10.1016/j.nucmedbio.2017.10.001.
- [6] A. Majkowska-Pilip, A. Bilewicz, Macrocyclic complexes of scandium radionuclides as precursors for diagnostic and therapeutic radiopharmaceuticals. Journal of Inorganic Biochemistry Vol 105, 2011, 313-320.
- [7] R. Kanaoujiya, D. Singh, T. Minocha, S. K. Yadav, S. Srivastava, Synthesis, characterization of ruthenium (III) macrocyclic complexes of 1,4,8,11-tetraazacyclotetradecane(cyclam) and *in vitro* assessment of anti-cancer activity. Materials Today: Proceedings Vol 65, 2022, 3143–3149.
- [8] A. Hu, V. Brown, S. N. MacMillan, V. Radchenko, H. Yang, L. Wharton, C. F. Ramogida, J. J. Wilson, Chelating the alpha therapy radionuclides $^{225}\text{Ac}^{3+}$ and $^{213}\text{Bi}^{3+}$ with 18-membered macrocyclic ligands macrodipa and py-macrodipa. Inorganic Chemistry Vol 61, 2022, 801–806. doi:10.1021/acs.inorgchem.1c03670.
- [9] R. E. Mewis, S. J. Archibald, Biomedical applications of macrocyclic ligand complexes. Coordination Chemistry Reviews 254, 2010, 1686–1712.
- [10] G. F. Diaz, R.E. C. Clavijo, M.M. Campos-Vallette, M S. Saavedra, S Diez, R Muñoz, Specular reflectance infrared spectra of the macrocycles cyclam and cyclamdione and their Cu(II) complexes deposited onto a smooth copper surface. Vibrational Spectroscopy Vol 15, 1997, 201–209. doi: 10.1016/S0924-2031(97)00032-5.
- [11] P. Chaudhuri, K. Wieghardt, The chemistry of 1,4,7-triazacyclononane and related tridentate macrocyclic compounds, in: Progress in Inorganic Chemistry, US, 329-436.

SYNTHESIS OF LUTETIUM(III) COMPLEX WITH A POLYAZAMACROCYCLIC LIGAND

Vojislav STANĆ¹, Slađana TANASKOVIĆ², Ivana JELIĆ¹, Marija JANKOVIĆ¹,
Dragoljub JOVANOVIĆ³, Tamara GERIĆ⁴, Branislav NASTASIJEVIĆ¹

- 1) *University of Belgrade, Vinča Institute of Nuclear Sciences - Institute of National Importance for the Republic of Serbia, Radiation and Environmental Protection Department, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11001 Belgrade, Serbia*
- 2) *Faculty of Pharmacy, University of Belgrade, Serbia*
- 3) *Faculty of Veterinary Medicine, University of Belgrade*

ABSTRACT

Radiation is a specific method of oncological treatment, in which the action of ionizing radiation achieves the antitumor effect. High-energy ionizing radiation damages the genetic material of tumor tissue cells and thus limits or disables their ability to divide further. Radioisotopes used in treatment in most cases generate beta radiation that causes the destruction of diseased cells. The interest in developing ¹⁷⁷Lu as a radiopharmaceutical can be attributed to the suitability of its nuclear properties for therapeutic use, the emission of $\beta(-)$ and γ radiation, and its good complexation with various ligands. This paper presents the preliminary synthesis of Lu(III) complex with a polyazamacrocyclic ligand

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
PRIJENOS 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 ČERENKOVljeVIM 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 EKTRANOM.....	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 DECONTAMINATION	430
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 INFORMATION	469
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