



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

Година издања:

Октобар 2023.



Овај Зборник као и сви радови у њему подлежу лиценци:

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License, <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

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.

**XXXII СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА
ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**

Будва, 04-06.10.2023. године

Организатори:

ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

Институт за нуклеарне науке „Винча“

Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине „Заштита“

Центар за екотоксиколошка испитивања Подгорица д.о.о, ЦЕТИ

Организациони одбор:

Председник:

Ивана Вуканац

Чланови:

Милица Рајачић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Александра Милатовић, ЦЕТИ, Подгорица, Црна Гора

Никола Свркота, ЦЕТИ, Подгорица, Црна Гора

Ранко Зекић, ЦЕТИ, Подгорица, Црна Гора

Гордана Пантелић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Милош Ђалетић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Никола Кржановић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Наташа Сарап, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Јелена Станковић Петровић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Ивана Коматина, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Јелена Влаховић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Зорица Обрадовић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Игор Челиковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Јелена Крнета Николић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

Александра Самолов, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Београд

**XXXII СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА
ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ**

Будва, 04-06.10.2023. године

Научни одбор:

др Владимир Удовичић, Институт за физику, Земун, Универзитет у Београду

др Војислав Станић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Душан Мрђа, Природно математички факултет, Универзитет у Новом Саду

др Ивана Вуканац, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Игор Челиковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Јелена Крнета Николић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Јелена Пајић, Институт за медицину рада Србије "Др Драгомир Карајовић",
Београд

др Јелица Грујић, Институт за медицинска истраживања, Универзитет у Београду

др Јована Николов, Природно математички факултет, Универзитет у Новом Саду

др Маја Еремић-Савковић, Директорат за радијациону и нуклеарну сигурност и
безбедност Србије

др Марија Јанковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у Београду

др Мирјана Ђурашевић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у
Београду

др Мирјана Раденковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у
Београду

др Невена Здјеларевић, ЈП Нуклеарни објекти Србије, Београд

др Оливера Митровић Ајтић, Институт за медицинска истраживања, Универзитет у
Београду

др Софија Форкапић, Природно математички факултет, Универзитет у Новом Саду

др Србољуб Станковић, Институт за нуклеарне науке „Винча“, Универзитет у
Београду

Организацију су помогли:

Институт за нуклеарне науке „Винча“, Лабораторија за заштиту од зрачења и заштиту животне средине „Заштита“

Мике Петровића Аласа 12-14

11351 Винча, Београд, Србија

<https://www.vin.bg.ac.rs/>

Центар за екотоксиколошка испитивања Подгорица д.о.о, ЦЕТИ

Булевар Шарла де Гола бр. 2

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://mne.ceti.me/>

МОЈ ЛАБ

ул. Московска бр. 2б

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://mojlab.me/>

ФАРМАЛАБ

Булевар Михаила Лалића бр. 8

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://farmalab.me/>

ГЛОСАРИЈ ДОО

ул. Војисављевића бр. 76

81000 Подгорица, Црна Гора

<https://www.glosarij.me/me/pocetna>

Излагачи:

Canberra Packard Central Europe GmbH.

Wienersiedlung 6

2432 SCHWADORF, Austria

Phone: +43 (0)2230 3700-0

Fax: +43 (0)2230 3700-15

Web: <http://www.cpce.net/>

LKB Vertriebs doo Beograd-Palilula

Cvijičeva 115

11120 Beograd, Srbija

Tel: +381 (0)11 676 6711

Faks: +381 (0)11 675 9419

Web: www.lkb.eu

Овај Зборник је збирка радова саопштених на XXXII Симпозијуму Друштва за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе који је одржан у Будви, Црна Гора, 04-06.10.2023. године. Радови су према обрађеној проблематици груписани у једанаест секција. Сви радови у Зборнику су рецензирани од стране Научног одбора, а за све приказане резултате и тврдње одговорни су сами аутори.

*Југословенско друштво за заштиту од зрачења основано је 1963. године у Порторожу, а од 2005. носи име "Друштво за заштиту од зрачења Србије и Црне Горе". На XXXII Симпозијуму, ове године обележавамо веома значајан јубилеј - **60 година организоване заштите од зрачења на нашим просторима.***

Од оснивања, Симпозијуми Друштва за заштиту од зрачења представљају прилику да се кроз стручни програм прикажу резултати истраживања у области заштите од зрачења, представе различите области примене извора и генератора зрачења, анализирају актуелна дешавања, размене искуства са колегама из региона, дефинишу проблеми и правци даљег унапређивања наше професионалне заједнице.

Поред тога, Симпозијуми друштва представљају и прилику да у мање формалном маниру сретнемо старе и упознамо нове пријатеље и колеге, обновимо старе и започнемо нове професионалне сарадње.

Ауторима и коауторима научних и стручних радова саопштених на XXXII Симпозијуму се захваљујемо на уложеном труду и настојању да квалитетним радовима заједно допринесемо остваривању циљева и задатака Друштва и наставимо традицију дугу импозантних 60 година.

Посебно се захваљујемо свима који су подржали одржавање овог Симпозијума.

Свим члановима Друштва, сарадницима и колегама честитамо овај значајан јубилеј!

Организациони одбор XXXII Симпозијума ДЗЗСЦГ

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

Mirjana ĐURAŠEVIĆ¹, Igor ČELIKOVIĆ², Aleksandra SAMOLOV²,
Tamara MILANOVIĆ², Zorica OBRADOVIĆ¹, Irina KANDIĆ³,
Aleksandar KANDIĆ²

- 1) *Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Centar za permanentno obrazovanje, Mike Petrovića Alasa 12-14, Beograd, Srbija*
- 2) *Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Laboratorija za nuklearnu i plazma fiziku, Mike Petrovića Alasa 12-14, Beograd, Srbija*
- 3) *Institut za nuklearne nauke "Vinča", Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Laboratorija za materijale, Mike Petrovića Alasa 12-14, Beograd, Srbija*

Autor za korespondenciju: *Mirjana ĐURAŠEVIĆ, mirad@vin.bg.ac.rs*

SAŽETAK

U bogatoj flori Srbije uspeva veliki broj vrsta lekovitog bilja čiji se sastojci koriste u farmaceutskoj industriji i medicini, kako zvaničnoj tako i narodnoj. Pored toga lekovito bilje se u velikoj meri koristi u svakodnevnoj upotrebi kao neka vrsta napitka. Prirodni radionuklidi (radionuklidi uranovog i torijumovog niza kao i K-40) sastavni su deo naše životne sredine, a kao posledicu nuklearnih akcidenata imamo i prisustvo antropogenih radionuklida, pre svega Cs-137. Masovna upotreba lekovitog bilja predstavlja radijaciono opterećenje za široku populaciju, pa je zbog toga neophodan redovan monitoring.

U ovom radu analizirano je 9 vrsta lekovitog bilja sa područja Gučeva (Zapadna Srbija). Specifične aktivnosti prirodnih radionuklida Pb-210 i K-40, kao i Cs-137 određene su merenjem svih uzoraka na poluprovodničkom HPGe spektrometru. Izračunate su godišnje efektivne doze usled ingestije za svaki izmereni radionuklid, i za dve starosne kategorije (uzrast od jedne godine i odrasla osoba). Svi proračuni su zasnovani na pretpostavci da se dnevno pije 200 ml čaja pripremljenog korišćenjem određene lekovite biljake. Dobijene vrednosti za efektivnu dozu ingestije upućuju na zaključak da svakodnevna upotreba čajeva od lekovitih biljaka sa analiziranog područja ne predstavlja značajan radiološki rizik po zdravlje odrasle osobe, ali je neophodan oprez i obazrivost kada su u pitanju deca.

Uvod

Prirodni radionuklidi (izotopi uranovog i torijumovog niza kao i K-40) prisutni su u našoj životnoj sredini, pa samim tim i u biljnom i životinjskom svetu. Putem hrane oni se unose u ljudski organizam. Primarni izvor veštačkog radionuklida Cs-137 pronađenog u životnoj sredini Srbije je nuklearni akcident u Černobilju (1986). Radionuklide prisutne u životnoj sredini biljke preuzimaju prvenstveno preko korena, a njihova koncentracija u različitim delovima biljke varira kao posledica njihove translokacije. Sadržaj prirodnih i veštačkih radionuklida u zemljištu, kao i fizičko-hemijske karakteristike zemljišta i fiziološka i morfološka svojstva biljaka utiču na sadržaj radionuklida u biljkama [1].

Lekovite biljke imaju masovnu primenu bilo u medicinske svrhe ili u pripremi čajeva za svakodnevnu upotrebu. Na nivou Evropske unije (European Medicines Agency) postoje preporuke za koji uzrast u kojoj količini i koliko se određena lekovita biljka može koristiti [2]. Sa druge strane svakodnevna upotreba biljnih čajeva je nešto što je potpuno van regulatorne kontrole i oslanja se samo na preporuke stručnjaka. Pored radionuklida, biljni čajevi mogu biti štetni i zbog prisustva drugih zagađivača kao što su pesticidi, mikotoksini, mikroorganizmi i teški metali [3, 4]. Zbog toga je neophodan redovan monitoring životne sredine i praćenje koncentracije štetnih elemenata u lekovitim biljkama radi poboljšanja uslova životne sredine i zdravlja ljudi.

Cilj ovo grada je radiološka analiza pojedinih uzoraka lekovitog bilja sa područja zapadne Srbije (obronci planine Gučevo u blizini Loznice). Ona podrazumeva određivanje specifične aktivnosti uočenih radionuklida i vrednosti godišnje efektivne doze ingestijom, na osnovu koje se vrši procena radiološkog rizika koji može nastati dugoročnom upotrebom čajeva. U okviru te procene obuhvaćene su dve starosne grupe – deca uzrasta jedne godine i odrasle osobe. Analizirano je 9 vrsta lekovitog bilja (Tabela 1.). Podaci iz literature o preporučenoj količini lekovitog biljaka za pripremanje čaja se razlikuju od izvora do izvora u zavisnosti od vrste biljke [4, 5, 6, 7].

Materijal i metode

Analizirani uzorci lekovitog bilja potiču sa područja zapadne Srbije (obronci planine Gučevo i okolina grada Loznica). Planina Gučevo (kordinate 44°29'21" N, 19°10'48" E) se nalazi u zapadnoj Srbiji i predstavlja najzapadniju planinu podrinjsko-valjevskih planina. Najviša tačka ove planine je Crni vrh i nalazi se na 779 metara nadmorske visine.

Uzorci 9 vrsta lekovitih biljaka (Tabela 1) prikupljeni su tokom 2022. godine. Svi uzorci su na odgovarajući način pripremljeni, što podrazumeva sušenje i mrvljenje datih uzoraka, kao i pakovanje u odgovarajuću geometriju (cilindrične PVC kutijice zapremine 125 ml). Merenja i gamaspektrometrijska analiza uzoraka obavljena su u Laboratoriji za nuklearnu i plazma fiziku Instituta za nuklearne nauke Vinča. Za potrebe analize kao radni standard korišćen je matriks trave u istoj geometriji, dobijen spajkovanjem sa rastvorom odgovarajućih radionuklida (Am-241, Cd-109, Ce-139, Co-57, Co-60, Cs-137, Ba-133, Sr-85, Y-88, Cr-51 i Pb-210) koji je nabavljen od CMI (Czech metrology institute) [8].

Tabela 1: Preporučena količina lekovitih biljaka za pripremu 200 ml čaja

Naziv lekovite biljke u narodu (Engleski naziv)	Latinski naziv	Familija	Deo biljke koji se koristi	Preporučena količina [g]
Hajdučka trava (Yarrow)	<i>Achillea millefolium</i> L.	Asteraceae	list i cvet	2.0
Nana (Peppermint)	<i>Mentha piperita</i> L.	Lamiaceae	list	2.0
Matičnjak (Lemon balm)	<i>Melissa officinalis</i> L.	Lamiaceae	list	2.5
Rastavić (Horsetail)	<i>Equisetum arvense</i> L.	Equisetaceae	list	2.0
Zova (Elder)	<i>Sambucus nigra</i> L.	Caprifoliaceae	cvet	2.5
Lipa (Linden)	<i>Tilia</i> L.	Malvaceae	cvet	3.0
Kantarion (St John's wort)	<i>Hypericum perforatum</i> L.	Asteraceae	list icvet	2.0
Majčina dušica (Thyme)	<i>Thymus serpyllum</i> L.	Lamiaceae	list icvet	3.0
Neven (Marigold)	<i>Calendula officinalis</i> L.	Asteraceae	cvet	3.0

Svi ispitivani biljni uzorci mereni su u kontakt geometriji pomoću dva koaksijalna HPGe spektrometra: AMETEK-ORTEC GEM 30–70, sa 37 % relativne efikasnosti i 1.7 keV rezolucijom za Co-60 na 1332.5 keV, i Canberra GKS5019, sa 55 % relativne efikasnosti i rezolucijom od 1.96 keV. Dobijeni spektri analizirani su korišćenjem programskog paketa Genie2000 (Canberra) [9]. Da bi se postigla prihvatljiva merna nesigurnost, merenja su trajala i do 330000 s.

Specifične aktivnosti Cs-137, Pb-210 i K-40 određene su na osnovu površine ispod pikova na energijama 661.66 keV, 46.54 keV i 1460.82 keV, respektivno, pri čemu je urađena korekcija na fon. Kod analize K-40 površina ispod pika je korigovana za doprinos linije Ac-228 na energiji 1459.13 keV. Ostali radionuklidi nisu analizirani jer je masa merenih uzoraka relativno mala, pa je njihova koncentracija bila ispod granica detekcije.

Merne nesigurnosti određene su na osnovu opšteg zakona propagacije merne nesigurnosti, pri čemu najveći doprinos potiče od statističke merne nesigurnosti površine ispod pikova (do 20 % za Pb-210) i nesigurnosti određivanja krive efikasnosti (5 %).

Godišnja efektivna doza za ingestiju u slučaju svakodnevne konzumacije 200 ml čaja pripremljenog od lekovitog bilja izračunata je na osnovu dobijenih vrednosti zaspecificiranih aktivnosti radionuklida Cs-137, Pb-210 i K-40, korišćenjem sledeće formule [10]:

$$(1) \quad E_{ing} = A_s H C_d D F_{ing}$$

gde je:

- E_{ing} - godišnja efektivna doza za ingestiju (Sv),
- A_s -specifična aktivnost određenog radionuklida u uzorku (Bq/kg),
- H -količina lekovitog bilja koja se konzumira godišnje (kg),
- C_d -koeficijent rastvorljivosti radionuklida pri pripremanju čaja (0.6 za Cs-137 [11], 0.5 za Pb-210 [12] i 0.9 za K-40 [13]),
- $D F_{ing}$ - koeficijent efektivne doze za ingestiju (Sv/Bq).

Koeficijenti efektivne doze koji su korišćeni u proračunima su:

- $1.2 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq za Cs-137, $42 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq za K-40 i $36 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq za Pb-210 – uzrast jedne godine
- $1.3 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq za Cs-137, $6.2 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq za K-40 i $6.9 \cdot 10^{-7}$ Sv/Bq za Pb-210 – odrasla osoba. [14].

Rezultati i diskusija

Dobijeni rezultati specifičnih aktivnosti radionuklida Cs-137, Pb-210 i K-40, kao i vrednosti godišnjih efektivnih doza usled ingestije prikazani su u Tabeli 2. Svi rezultati dati su sa mernim nesigurnostima na nivou poverenja 1σ . Dobijeni rezultati u skladu su sa podacima datim u dostupnoj literaturi, pri čemu treba napomenuti da je malo dostupnih rezultata za Pb-210 [6, 7, 8, 15, 16, 17].

Godišnje efektivne doze ingestije za Cs-137, Pb-210 i K-40, pri čemu se svakodnevno pije 200 ml čaja pripremljenog od lekovitih biljaka ispitivanih u ovom radu za odraslu osobu ne predstavljaju značajno radijaciono opterećenje. To je zato što su i pojedinačne i ukupne vrednosti daleko ispod preporučene granice u okviru naše domaće legislative od $100 \mu\text{Sv}$ [18]. Kada je u pitanju uzrast od jedne godine, a može se reći i dečija populacija u opšte, dobijene vrednosti ne prelaze definisanu granicu, ali joj se kod nekih lekovitih biljaka

značajno približavaju. Takav je slučaj kod zove, majčine dušice i nevena gde su ukupne godišnje efektivne doze usled ingestije 78.5 μSv , 85.7 μSv i 72.2 μSv respektivno. Najveći doprinos ovim vrednostima predstavlja koncentracija Pb-210 u merenim uzorcima, pa bi stoga trebalo dodatno obratiti pažnju na lokalitete gde su koncentracije olova veće od uobičajenih.

Tabela 2. Specifične aktivnosti radionuklida Cs-137, Pb-210 i K-40 kaoi vrednosti godišnjih efektivnih doza usled ingestije za uzrast jedne godine i odraslu osobu

Naziv lekovite biljke	Specifična aktivnost [Bq/kg]			Individualna godišnja efektivna doza					
				Uzrast jedne godine			Odrasla osoba		
	Cs-137	Pb-210	K-40	Cs-137 [nSv]	Pb-210 [μSv]	K-40 [μSv]	Cs-137 [nSv]	Pb-210 [μSv]	K-40 [μSv]
Hajdučka trava	< 0.6	27.6 \pm 3.7	504 \pm 27	< 3.2	36.3 \pm 4.9	13.9 \pm 0.7	< 3.4	7.0 \pm 0.9	2.1 \pm 0.1
Nana	< 0.5	24.0 \pm 2.9	630 \pm 30	< 3.3	39.4 \pm 4.8	21.7 \pm 1.0	< 3.6	7.6 \pm 0.9	3.2 \pm 0.2
Matičnjak	< 0.7	13.2 \pm 2.2	700 \pm 37	< 4.6	21.7 \pm 3.6	24.2 \pm 1.3	< 5.0	4.2 \pm 0.7	3.6 \pm 0.2
Rastavić	< 0.6	31.5 \pm 4.9	530 \pm 30	< 3.2	41.4 \pm 6.4	14.6 \pm 0.8	< 3.4	7.9 \pm 1.2	2.2 \pm 0.1
Zova	< 0.7	33.9 \pm 5.5	660 \pm 35	< 4.6	55.7 \pm 9.0	22.8 \pm 1.2	< 5.0	10.7 \pm 1.7	3.4 \pm 0.2
Lipa	< 0.6	16.2 \pm 2.5	350 \pm 20	< 4.7	32.0 \pm 4.9	14.5 \pm 0.8	< 5.1	6.1 \pm 0.9	2.1 \pm 0.1
Kantarion	< 0.4	31.9 \pm 3.8	320 \pm 20	< 2.1	41.9 \pm 5.0	8.8 \pm 0.6	< 2.3	8.0 \pm 1.0	1.3 \pm 0.1
Majčina dušica	< 0.8	33.8 \pm 4.4	460 \pm 25	< 6.3	66.7 \pm 8.7	19.1 \pm 1.0	< 6.8	12.8 \pm 1.7	2.8 \pm 0.2
Neven	< 0.8	21.9 \pm 4.2	700 \pm 40	< 6.3	43.2 \pm 8.3	29.0 \pm 1.7	< 6.8	8.3 \pm 1.6	4.3 \pm 0.2

Zaključak

Devet vrsta lekovitih biljaka sa područja zapadne Srbije, obronci planine Gučevo mereni su na poluprovodničkom HPGe spektrometru. Određene su specifične aktivnosti Cs-137, Pb-210 i K-40 i izračunate godišnje efektivne doze za ingestiju u slučaju svakodnevnog unošenja 200 ml čaja pripremljenog korišćenjem ovih lekovitih biljaka za dve starosne grupe (uzrast jedne godine i odrasla osoba). Dobijene vrednosti ukazuju da svakodnevna upotreba čajeva od istraživanih lekovitih biljaka sa datog područja ne predstavlja značajan radiološki rizik za odrasle osobe, dok su se u slučaju uzrasta jedne godine vrednosti ukupne godišnje efektivne doze značajno približile granicnoj vrednosti od 100 μSv .

Zahvalnica

Istraživanje je finansiralo Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ev. br. 451-03-47/2023-01/200017).

Literatura

- [1] M. Greger. Uptake of nuclides by plants, Report to SKB TR-04-14, 70 pp, Stockholm University, Stockholm, Sweden, 2004.
- [2] https://www.ema.europa.eu/en/medicines/field_ema_web_categories%253Aname_field/Herbal/field_ema_herb_outcome/european-union-herbal-monograph-254
- [3] A. M. Abd El-Aty, J.-H. Choi, M. M. Rahman, S.-W. Kim, A. Tosun, J.-H. Shim, Residues and contaminants in tea and tea infusions: a review, Food Additives & Contaminants Part A Vol.31 No.11 2014, 1794 – 1804.
- [4] I. Kosalec, J. Cvek, S. Tomiš, Contaminants of medicinal herbs and herbal products, Arhiv za higijenu rada i toksikologiju 60(4), 2009, 485-500.
- [5] I. Kandić, A. Kandić, I. Čeliković, M. Gavrilović, P. Janačković, Activity concentrations of ^{137}Cs , ^{40}K , and ^{210}Pb radionuclides in selected medicinal herbs from Central Serbia and their effective dose due to ingestion, Science of Total Environment Vol.701, 2020, 134554.
- [6] M. Jevremović, N. Lazarević, S. Pavlović, M. Orlić, Radionuclide concentrations in samples of medicinal herbs and effective dose from ingestion of ^{137}Cs and natural radionuclides in herbal tea products from Serbian market, Isotopes in Environmental and Health Studies 47(1), 2011, 87-92.
- [7] B. Mitrović, J. Ajtić, M. Lazić, N. Krstić, B. Vranješ, M. Vićentijević, Natural and anthropogenic radioactivity in the environment of Kopaonik mountain, Serbia. Environmental Pollution 215, 2016, 273-279.
- [8] CMI, Radioactive Standard, ER X, Cert. No 1035-SE-40507-22, Czech Metrology Institute, Prague, 2022.
- [9] Genie 2000, Version 3.3 softwear manual.
- [10] United Nations. Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR), Sources effects and risks of ionizing radiation: Report to the General Assembly with Scientific Annexes, United Nations Publications, New York, 2016, ISBN 978-92-1-142316-7.
- [11] M. Balonov, C. L. Barnett, M. Belli, et al. Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environment, IAEA, Vienna, 2010, ISBN: 9789201130099.
- [12] K. Kametani, H. Ikebuchi, T. Matsumura, H. Kawakami. Ra-226 and Pb-210 concentrations in foodstuffs, Radioisotopes 30(12), 1981, 681-683.
- [13] W. Samolińska, B. Kiczorowska, M. Kwiecień, E. Rusinek-Prystupa, Determination of Minerals in Herbal Infusions Promoting Weight Loss, Biol. Trace. Elem. Res 175(2), 2017, 495-502.
- [14] K. Eckerman, J. Harrison, H. G. Menzel, C. H. Clement, ICRP publication 119: Compendium of dose coefficients based on ICRP publication 60 41(1), 2012.
- [15] B. M. Mitrović, S. N. Grdović, G. S. Vitorović, D. P. Vitorović, G. K. Pantelić, G. A. Grubiš, ^{137}Cs and ^{40}K in some traditional herbal teas collected in the mountain regions of Serbia. Isot. Environ. Health Stud. 50(4), 2014, 538-545.

- [16] Ö. Kiliç, M. Belivermiş, S. Topcuoğlu, Y. Çotuk, ^{232}Th , ^{238}U , ^{40}K , ^{137}Cs , radioactivity concentrations and ^{137}Cs dose rate in Turkish market tea, *Radiat. Eff. Defects S.* 164(2), 2009, 138–143.
- [17] L. A. Najam, N. F. Tafiq, F. H. Kitah, Estimation of Natural Radioactivity of Some Medicinal or Herbal Plants Used in Iraq, *Detection* 3(01), 2015, 1-7.
- [18] Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet. *Sl. Glasnik* br. 36/2018-54, 2018.

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

Mirjana ĐURAŠEVIĆ¹, Igor ČELIKOVIĆ², Aleksandra SAMOLOV²,
Tamara MILANOVIĆ², Zorica OBRADOVIĆ¹, Irina KANDIĆ³, Aleksandar KANDIĆ²

- 1) *"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, Institute of National Importance for the Republic of Serbia, University of Belgrade, Department of Permanent Education, Belgrade, Serbia*
- 2) *"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, Institute of National Importance for the Republic of Serbia, University of Belgrade, Department of Nuclear and Plasma Physics, Belgrade, Serbia*
- 3) *"Vinča" Institute of Nuclear Sciences, Institute of National Importance for the Republic of Serbia, University of Belgrade, Department of Materials, Belgrade, Serbia*

ABSTRACT

In the rich flora of Serbia, there are a large number of medicinal plants types used in the pharmaceutical industry and medicine. There is also a large percentage of daily use of herbal teas as some kind of beverages. Natural radionuclides (radionuclides of the uranium and thorium series as well as K-40) are an integral part of our environment, and as a consequence of nuclear accidents we also have the presence of anthropogenic radionuclides, primarily Cs-137. The significant use of medicinal plants represent a radiological burden for the general population, so the regular monitoring is needed.

In this work, 9 types of medicinal plants from the area of Gučevo (Western Serbia) were analysed. The specific activities of natural radionuclides ²¹⁰Pb i ⁴⁰K as well as Cs-137 were determined using a semiconductor HPGe spectrometer. Annual effective dose due to ingestion were calculated for each measured radionuclide, and for two age categories (one year old and adult). All calculations are based on the assumption daily consumption of 200 ml of herbal tea. The obtained values for the annual effective dose due to ingestion point to the conclusion that the daily use of medicinal plant teas from the analyzed area does not represent a significant radiological risk for the health of adults, but caution and prudence are necessary when it is about children.

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 RADIONUKIDA 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
РАДОН 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 NIVOVA 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 DOSIMETRY	361
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 RADIATION	394
SINTEZA LUTECIJUMA(III) KOMPLEKSA SA POLIAZAMAKROCIKLIČNIM 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 ПРЕРАДУ 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
BEZBEDNOSNI IZAZOVI USLED POJAVE FALSIFIKOVANIH, LAŽNIH I SUMNJIVIH PREDMETA U LANCU NUKLEARNOG SNABDEVANJA	483
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 RADIATION509

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