



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

BEZBEDNO UPRAVLJANJE ZATVORENIM IZVORIMA JONIZUJUĆEG ZRAČENJA: MOGUĆI PRISTUPI, RUKOVANJE, KONDICIONIRANJE I SKLADIŠTENJE

Mihajlo JOVIĆ¹, Nenad ŠIPKA¹, Ivana SMIČIKLAS¹

1) *Institut za nuklearne nauke „Vinča“ - Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Univerzitet u Beogradu, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Mike Petrovića Alasa 12-14, 11351 Beograd*

Autor za korespondenciju: Mihajlo JOVIĆ, mjovic@vin.bg.ac.rs

SAŽETAK

Zbog široke primene u industriji, medicini, poljoprivredi i različitim oblastima istraživanja, broj zatvorenih izvora jonizujućeg zračenja u svetu je u konstantnom porastu. Kod izvora ovog tipa radioaktivni materijal je hermetički zatvoren/zapečaćen u odgovarajuća kućišta/kapsule, kako bi se sprečio kontakt sa okolinom pri normalnim uslovima primene. U slučajevima kada se korišćenje zatvorenih izvora zamenjuje drugom tehnikom, izvor postane nedovoljne aktivnosti ili oštećen, deklarise se kao isluženi izvor jonizujućeg zračenja koji i dalje može biti visoko radioaktivan i potencijalno opasan po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Širom sveta zabeležen je veliki broj akcidenata, pa adekvatno upravljanje predstavlja prioritet sa ciljem sprečavanja nezgoda ovog tipa. Isluženi izvor nije nužno i radioaktivni otpad, pa se pre deklarisanja kao takvog razmatraju i druge opcije. Cilj ovog rada je da predoči moguće pristupe i pruži uvid u neophodne korake u bezbednom upravljanju zatvorenim izvorima jonizujućeg zračenja.

Uvod

Zatvoreni izvor jonizujućeg zračenja (*eng.* sealed radioactive sources – SRS) definiše se kao radioaktivni izvor u kojem je radioaktivni materijal trajno/hermetički zatvoren ili je ugrađen u čvrstom stanju, u odgovarajuće kućište/kapsulu, najčešće od nerđajućeg čelika, radi sprečavanja širenja radioaktivnih supstanci pri normalnim uslovima upotrebe [1]. Kapsula mora biti dovoljno jaka da obezbedi nepropusnost (spreči kontakt sa okolinom) u uslovima normalne upotrebe i habanja, ali i u specifičnim uslovima projektovanim analizom i procenom rizika. Međutim, postoje i stari SRS koji nisu proizvedeni po važećim standardima, pa je za takve uređaje i izvore neophodno predvideti sve sigurnosne rizike kako ne bi došlo do akcidentalnog izlaganja jonizujućem zračenju. SRS su našli veliku primenu i intezivno se koriste širom sveta u industriji, medicini, poljoprivredi, različitim oblastima istraživanja i obrazovanja, kao i u vojnim i odbrambenim aplikacijama. Aktivnosti izvora kreću se od nekoliko kilobekerela (kBq), obično u proizvodima široke potrošnje i smatraju se relativno bezopasnim, pa sve do petabekerela (PBq) koji se koriste u objektima namenjenim za ozračivanje, sterilizaciju i radioterapiju, a koji mogu imati smrtonosno dejstvo čak i tokom kratkotrajnog izlaganja. Uređaji koji koriste SRS mogu biti mobilni/prenosivi ili stacionarni. SRS ugrađeni u stacionarne uređaje predstavljaju manji sigurnosni i bezbedonosni rizik u odnosu na mobilne uređaje čija upotreba zahteva čest transport, neretko i na velike udaljenosti. Primera radi, izvori iridijuma (Ir-192) koji se koriste u industrijskoj radiografiji i ugrađeni su u mobilne uređaje (defetoskope) doprinose najvećem broju nesreća usled čestog transporta, mogućnosti pogrešnog rukovanja i gubitka izvora, ali i česte zamene izvora zbog kraćeg vremena poluraspada [2].

Instalaciju i servisiranje uređaja koji sadrže izvore, montažu/demontažu, redovan servis i/ili zamenu izvora, može da obavlja samo pravno lice licencirano od strane nadležnog/regulatornog tela. Sve aktivnosti obavljaju se sa velikom pažnjom na osnovu prethodno pripremljenog detaljnog plana i analize rizika uz poštovanje svih sigurnosnih i bezbedonosnih procedura i pravila. Tehnička dokumentacija uređaja, obučeno osoblje sa odgovarajućim nivoom teorijskog i praktičnog znanja i iskustva, adekvatne prostorije, objekti, vozila i oprema, samo su neki od zahtevanih preduslova.

U situacijama kada se izvor zamenjuje drugim izvorom (usled nedovoljne aktivnosti, zastarelosti, oštećenja), ili drugom tehnikom, deklarise se kao isluženi izvor jonizujućeg zračenja koji i dalje može biti visoko radioaktivan i potencijalno opasan po zdravlje ljudi i životnu sredinu. Zakon o radijacionoj i nuklearnoj sigurnosti i bezbednosti ("Sl. glasnik RS", br. 95/2018 i 10/2019) propisuje obavezu nosiocu odobrenja za obavljanje delatnosti sa zatvorenim izvorom zračenja da nakon proglašenja izvora isluženim preduzme sve neophodne mere da vrati izvor isporučiocu. U slučajevima kada vraćanje izvora isporučiocu nije moguće, a budući da isluženi izvor nije nužno i radioaktivni otpad, razmatraju se i druge opcije kao što su upotreba u drugim aplikacijama, prenos na drugog nosioca licence, reciklaža. Ukoliko ni jedna od prethodnih opcija nije ostvarljiva iz tehničkih, ekonomskih i/ili bilo kojih drugih razloga, isluženi izvor jonizujućeg zračenja se deklarise kao radioaktivni otpad i kako takva predaje u centralno skladište radioaktivnog otpada.

Među najznačajnijim akcidentima sa radioaktivnim i nuklearnim materijalima posebno je veliki broj onih koji su izazvani isluženim radioaktivnim izvorima. Neke od ovih nesreća dovele su do smrti ljudi i/ili kontaminacije ljudi i velikih površina. Za sanaciju posledica utrošena su velika novčana sredstva, a konsekvence pojedinih nesreća vidljive su i danas [2]. Više hiljada puta su širom sveta radioaktivni izvori pronađeni u metalnom otpadu, a zabeleženo je i više desetina slučajeva topljenje zatvorenih radioaktivnih izvora u železarama [3]. Neophodno je da izvori koji su u upotrebi, ili su deklarirani kao isluženi, ne predstavljaju opasnost za radnike, širu javnost i/ili životnu sredinu. Izvori u upotrebi moraju biti pod strogom regulatornom kontrolom uz primenu sistema zaštite od jonizujućeg zračenja, a koji podrazumeva zakonske, tehničke, tehnološke, građevinske norme, pravila i mere, higijenske norme, pravila i mere profesionalne sigurnosti i norme, pravila i mere zaštite životne sredine kojima se garantuje zaštita ljudi i životne sredine od štetnog uticaja jonizujućeg zračenja [4]. Adekvatno upravljanje SRS predstavlja prioritet u cilju sprečavanja nezgoda, a cilj ovog rada je da objedini i istakne specifičnosti bezbednog upravljanja SRS.

Karakteristike, kategorizacija/klasifikacija i primena SRS

Za izradu detaljnog plana upravljanja SRS, neophodne su informacije o parametrima i karakteristikama samog izvora kao što su: fizički oblik (agregatno stanje: čvrsto, tečno ili gasovito), radiološke karakteristike (radionuklid, vrsta zračenja – α , β , γ , netroni, aktivnost, vreme poluraspada, faktori konverzije energije i doze), hemijske karakteristike (rastvorljivost, zapaljivost, korišćena jedinjenja ili legure), struktura i dizajn (uključujući dimenzije aktivnog punjenja i kapsule), fizičko stanje (netaknut, oštećen, ustanovljeno curenje), karakteristike koje se odnose na određeni način primene izvora (otpornost na koroziju, toplotu, stabilnost itd).

SRS se koriste u različite svrhe i namene, sadrže širok spektar radionuklida i količine radioaktivnog materijala, pa se njihova kategorizacija zasniva na karakteristikama zračenja i opasnosti koju radioaktivni izvor predstavlja za ljude i životnu sredinu. Kategorizacija SRS je od značaja u svim fazama životnog ciklusa jednog radioaktivnog izvora, od proizvodnje, preko upotrebe, do konačnog odlaganja. Tri glavna međunarodna sistema kategorizacije su

razvijena za informisanje o strategijama upravljanja isluženim radioaktivnim izvorima, a sistemi su razvijeni za različite svrhe donošenja odluka: 1) IAEA kategorizacija na kategorije 1, 2, 3, 4 i 5, zasnovana na mogućnosti radioaktivnog izvora da izazove determinističke zdravstvene efekte (izvori kategorije 1 pokazuju najveći rizik u upravljanju zatvorenim izvorima, dok se kategorija 5 odnosi na najmanji rizik) [5]; 2) IAEA bezbedonosna kategorizacija bazirana na ciljevima koje svaki bezbednosni nivo treba da obezbedi (nivo bezbednosti: A - sprečiti neovlašćeno uklanjanje izvora, B - minimizirati verovatnoću neovlašćenog uklanjanja izvora, C - smanjiti verovatnoću neovlašćenog uklanjanja izvora) [1]; i 3) ISO klasifikacija izvora zasnovana na performansama ispitivanja (naznačava opšte zahteve, testove performansi, testove proizvodnje, obeležavanja i sertifikacije koje izvori namenjeni za određenu aplikaciju moraju da ispune) [6].

U Tabeli 1 prikazane su tipične oblasti primene uređaja koji sadrže različite vrste izvora.

Tabela 1: Tipične oblasti primene SRS i vrste uređaja sa pripadajućim radionuklidima

PRIMENA	RADIONUKID	PERIOD POLURASPADA
Industrija		
Merači debljine	^{85}Kr ; ^{90}Sr (^{14}C ; ^{32}P ; ^{147}Pm ; ^{241}Am)	10,8a; 28,1a (5730a; 14,3d; 2,6a; 432,2a)
Merači nivoa	^{137}Cs ; ^{60}Co (^{241}Am)	30,2a 5,3a (432,2a)
Merači gustine	^{137}Cs ; ^{241}Am (^{90}Sr)	30,2a; 432,2a (28,1a)
Merači vlage	$^{241}\text{AmBe}$ (^{252}Cf ; $^{226}\text{RaBe}$)	432,2a (2,6a; 1600a)
Sterilizacija	^{60}Co ; ^{137}Cs	5,3a, 30,2a
Ispitivanje bušotina	$^{241}\text{AmBe}$; ^{137}Cs	432,2a; 30,2a
Industrijska radiografija	^{60}Co ; ^{192}Ir (^{137}Cs ; ^{170}Tm)	5,3a; 73,8d (30,2a; 128,6d)
Uklanjanje statičkog naelektrisanja	^{210}Po ; ^{226}Ra ; ^{241}Am	138,4d; 1600a; 432,2a
Medicina		
Klinička teleradioterapija	^{60}Co (^{137}Cs ; ^{192}Ir)	5,3a (30,2a; 73,8d)
Denzitometrija kostiju	^{241}Am ; ^{125}I	432,2a; 59,4 d
Braherapija	^{137}Cs ; ^{192}Ir ; ^{226}Ra ; ^{60}Co	30,2a; 73,8d; 1600a; 5,3a
Istraživanja		
Uklanjanje statičkog naelektrisanja	^{210}Po ; ^{226}Ra	138,4d; 1600a
Ozračivanje	^{60}Co	5,3a
Kalibracioni izvori	veliki broj radionuklida	

* u zagradama su prikazani alternativni radionuklidi koji se takođe mogu koristiti u datoj aplikaciji.

U gotovo svim primenama, radioaktivni izvor se nalazi unutar kućišta/nosača koji sadrži ili je povezan sa drugim uređajima ili mehaničkim hardverom. U mnogim slučajevima kućište uređaja se koristi za transport SRS do mesta na kojem je predviđena njegova upotreba i pri tome obezbeđuje dovoljnu zaštitu apsorbujući zračenje do bezbednog nivoa. Ovaj tip uređaja poseduje blende/zatvarače čijim otvaranjem se snop zračenja usmerava u željenu metu.

Tabela 1 ilustruje širok spektar primena SRS, a kao najčešće korišćeni radionuklidi mogu se izdvojiti ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{192}Ir i ^{241}Am .

Poseban problem predstavljaju stari SRS koji su korišćeni pre uspostavljanja odgovarajućih regulatornih zahteva i planova za upravljanje isluženim izvorima, a i dan danas se nalaze u upotrebi. Tipični predstavnici ove grupe SRS su radioaktivni gromobrani, postavljeni u mnogim zemljama. Kao izvor korišćeni su ^{60}Co , $^{152,154}\text{Eu}$, ^{85}Kr , ^{226}Ra ili ^{241}Am , sa ciljem da se efikasnost uređaja poveća jonizacijom okolnog vazduha. Kod gromobrana u koje su ugrađivani ^{60}Co , ^{152}Eu i ^{85}Kr , radionuklidi su inkapsulirani (ne postoji opasnost od kontaminacije), snop zračenja je usmeren u vis, ali doza zračenja i do nekoliko hiljada mSv/h na vrhu uređaja predstavlja značajan sigurnosni i bezbednosni rizik. Sa druge strane, radionuklidi ^{226}Ra i ^{241}Am nisu inkapsulirani već su nanošeni na ili u odgovarajuće podloge (npr. folija, keramika), doza zračenja je manja (1 mSv/h), ali postoji opasnost od kontaminacije. Iz navedenih razloga, ali i zbog nedovoljne efikasnosti ovih uređaja, upotreba radioaktivnih gromobrana je prekinuta, a krajem XX veka i zabranjena. I pored toga, na teritoriji naše zemlje i dalje je prisutan određeni broj ovih uređaja koji sadrže ^{60}Co ili $^{152,154}\text{Eu}$, koji su i dalje visoko radioaktivni i potencijalno opasni po zdravlje ljudi i životnu sredinu (Slika 1).



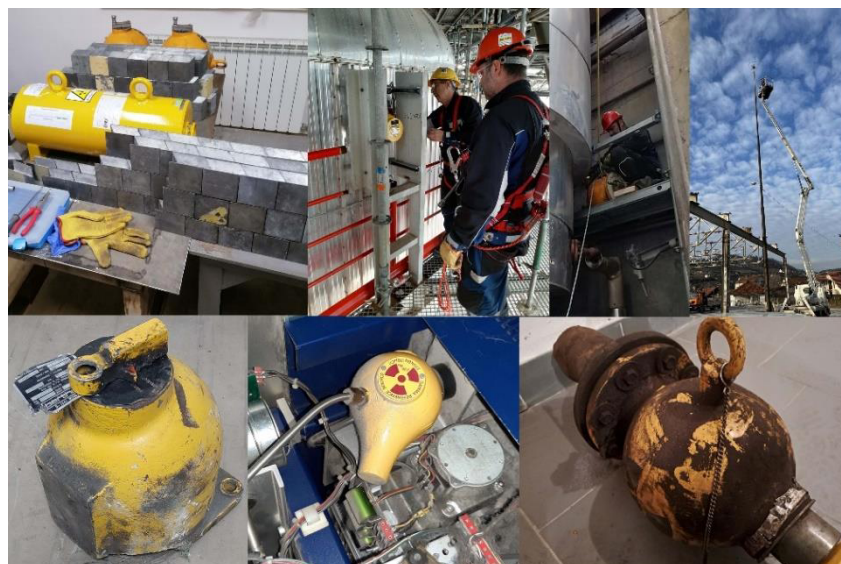
Slika 1: Četiri tipa gromobrana sa radioaktivnim izvorom koji su ugrađivani na teritoriji Republike Srbije: (a) ^{60}Co , (b), (c), (d) $^{152,154}\text{Eu}$ (izvor: Laboratorija Zaštita, INN „Vinča“)

Rukovanje, kondicioniranje i skladištenje

Rukovanje radioaktivnim izvorom se može definisati kao svaka fizička manipulacija izvorom: premeštanje, transfer, uklanjanje iz ili stavljanje u kontejner, rastavljanje dela opreme koji sadrži izvor, uklanjanje izvora iz opreme, merenje, inspekcija ili testiranje. Prilikom planiranja i izvođenja radova koji uključuju rukovanje radioaktivnim izvorima, mora se uzeti u obzir velika mogućnost gubitka kontrole usled potencijalne kontaminacije i potencijalno visoke izloženosti radnika tokom rukovanja radioaktivnim izvorima. Zatvoreni izvori su često sastavni deo opreme povezane sa hemijskim i/ili fizičkim procesima, pa su u takvim slučajevima potrebne posebne mere predostrožnosti da bi se izbegle određene opasnosti i rizici. Takođe, SRS mogu biti u jedinstvenom hemijskom/fizičkom obliku ili oštećeni, što opet zahteva posebne mere predostrožnosti i bezbednosti. Rukovanje SRS odobrava se od strane nadležnog regulatornog tela kroz izdavanje licence u kojoj su navedene sve operacije i aktivnosti koje se mogu preduzeti. Sve aktivnosti koje uključuju rukovanje SRS obavljaju se sa velikom pažnjom na osnovu prethodno pripremljenog detaljnog plana i analize rizika uz poštovanje svih sigurnosnih i bezbedonosnih procedura i pravila.

Svako rukovanje SRS predstavlja potencijalni radiološki rizik koji zavisi od vrste radionuklida, aktivnosti izvora, hemijskog i fizičkog oblika radionuklida, fizičkog stanja i

eventualnog oštećenja izvora. Pre preduzimanja bilo kakve operacije rukovanja izvorom neophodno je isplanirati, sagledati i proceniti vrstu i prirodu svih potencijalnih rizika, proceniti dozu zračenja za svaku specifičnu proceduru/fazu rukovanja izvorom, uzeti u obzir sve faktore koji mogu uticati na bezbednost i dovesti do potencijalne izloženosti radnika i/ili kontaminacije životne sredine. Detaljno planiranje neophodno je bez obzira na tip SRS, kao i na to da li je izvor „go“ (eng. bare source), u kontejneru, u transportnom pakovanju, u originalnom kućištu/kontejneru, ili kao deo aparata/instrumenta. Sve operacije rukovanja treba planirati, testirati i sprovoditi uz prisustvo lica odgovornog za zaštitu od jonizujućeg zračenja koje je obučeno, osposobljeno i odgovorno za sprovođenje mera zaštite od jonizujućeg zračenja u delatnosti koja se obavlja. Rukovanje izvorom u velikom broju slučajeva zahteva manipulaciju i pomeranje teških, glomaznih predmeta, korišćenje opreme sa podizanje, pomeranje i kretanje predmeta i materijala, rad na visini, upotrebu standardnih, ali i specifičnih alata za otvaranje i zatvaranje kontejnera, instrumenata i uređaja, adekvatno osvetljenje i izvore napajanja, uređaje i instrumente za praćenje nivoa zračenja i kontaminacije. Ova delatnost zahteva osoblje sa odgovarajućim nivoom teorijskog i praktičnog znanja i iskustva, dobro istrenirano i uvežbano, dobrog fizičkog i metalnog zdravlja, koje poštuje pripadajuće obaveze i zaduženja, koordinisani timski rad i hijerarhiju u odlučivanju.



Slika 2: Neki od primera uređaja sa SRS i specifičnost uslova njihovim rukovanjem (izvor: Laboratorija Zaštita, INN „Vinča“)

Kondicioniranje je postupak koji ima za cilj da se radioaktivni materijal prevede u ambalažu/paket prihvatljiv za rukovanje, transport, skladištenje i/ili odlaganje, a sve u skladu sa propisima o transportu, zahtevima za skladištenje i/ili kriterijumima za prijem radioaktivnog otpada na odlaganje. Kondicioniranje zatvorenih izvora jonizujućeg zračenja najčešće se obavlja radi smeštanja izvora u odgovarajući kontejner ili prepakivanja izvora u namensku kapsulu [3]. Rizik pri kondicioniranju predstavlja činjenica da je aktivnost radionuklida skoncentrisana u relativno maloj zapremini. Proizvedena ambalaža/pakovanje mora biti potpuno okarakterisana, a mora se uzeti u obzir i mogućnost ponovnog izvlačenja izvora iz ambalaže.

Skladištenje i odlaganje SRS je obično skupo, te se u određenim slučajevima razmatra uklanjanje izvora iz originalnih uređaja. Ova opcija rezultira smanjenjem zapremine SRS i obezbeđuje racionalnije korišćenje prostora za skladištenje ili odlaganje isluženih SRS. Od izuzetne je važnosti da ne dođe do oštećenja izvora ili narušavanja njegovog fizičkog

integriteta tokom procesa uklanjanja. SRS, nakon uklanjanja iz uređaja/radnog kontejnera, mogu se preneti u standardizovane zaštitne kontejnera za skladištenje. Kontejneri treba da budu projektovani tako da obezbede prihvatljivu dozu zračenja na površini kontejnera, zaštitu izvora u skladu sa relevantnim propisima, kao i da minimiziraju mogućnost neovlašćenog pristupa izvoru. Međutim, uklanjanje izvora sa uređaja uključuje manipulaciju „golim“ izvorima, za šta je potrebna posebna stručnost, dobro projektovana radna mesta sa odgovarajućom vrstom zaštite i opreme koja ima za cilj da obezbediti operatera od mogućeg povišenog nivoa izlaganja jonizujućem zračenju i eventualne kontaminacije. Oprema i alati neophodni za rukovanje SRS obuhvataju razne vrste pinceta, hvataljke, manipulatora, privremene/modularne zaštitne barijere od odogvarajućeg materijala sa olovnim prozorima, digestore („glove box“), vruće ćelije opremljene robotskim manipulatorima, različite prihvatne zaštitne kontejnere, opremu za podizanje i pomeranje tereta, itd.

Nakon uklanjanje izvora iz uređaja, izvori se u zaštitnom kontejneru mogu privremeno čuvati u skladištu za privremeno čuvanje. U ovim objektima isluženi izvori se čuvaju sa namerom ponovnog iznošenja nakon urađenog servisa uređaja, radi obrade, prerade ili odlaganja, oslobađanja od regulatorne kontrole, izvoza, reciklaže i ponovne upotrebe u odobrenoj delatnosti. U slučajevima kada vraćanje izvora isporučiocu nije moguće, razmatraju se i druge opcije kao što su upotreba u drugim aplikacijama, prenos na drugog nosioca licence, reciklaža, a ukoliko ne postoji ni opcija za dalju upotrebu, isluženi SRS se proglašava za radioaktivni otpad i predaje nosiocu licence za upravljanje centralnim skladištem radioaktivnog otpada koji vrši njihovo razdvajanje prema aktivnosti, vremenu poluraspada radionuklida, fizičkim i hemijskim svojstvima radionuklida.

Zaključak

Širom sveta zabeležen je veliki broj akcidenata sa zatvorenim izvorima jonizujućeg zračenja, koji su nažalost dovele do smrti ljudi i/ili kontaminacije ljudi i velikih površina, a za čiju sanaciju su utrošene velike količine novca. Konsekvence pojedinih nesreća vidljive su i danas, pa adekvatno upravljanje predstavlja prioritet sa ciljem sprečavanje nezgoda ovog tipa. Svi zahtevi za bezbedno korišćenje zatvorenih izvora jonizujućeg zračenja i upravljanje islužanim zatvorenim izvorima jonizujućeg zračenja treba da budu dostupni pre početka njihove primene. Izvori u upotrebi moraju biti pod strogom regulatornom kontrolom uz primenu sistema zaštite od jonizujućeg zračenja. Svako rukovanje, kondicioniranje, transport i/ili skladištenje zatvorenih izvora jonizujućeg zračenja predstavlja potencijalni radiološki rizik, pa je pre bilo kakve manipulaciju izvornom neophodno isplanirati, sagledati i proceniti vrstu i prirodu svih potencijalnih rizika, proceniti dozu zračenja za svaku specifičnu proceduru/fazu rukovanja izvorom, uzeti u obzir sve faktore koji mogu uticati na bezbednost i dovesti do potencijalne izloženosti radnika i/ili kontaminacije životne sredine.

Zahvalnica

Rad je podržan od strane Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije (Ugovor br. 451-03-47/2023-01/200017).

Literatura

- [1] Management for the Prevention of Accidents from Disused Sealed Radioactive Sources, IAEA-TECDOC-1205, Vienna, 2001, ISSN 1011-4289.
- [2] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Radioactive Sources: Applications and Alternative Technologies, Washington, DC: The National Academies Press, 2021, ISBN 978-0-309-44791-1.

- [3] O. Ciraj-Bjelac, M. Vujović. Upravljanje radioaktivnim otpadom, Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet, 2017, ISBN: 978-86-7466-679-1.
- [4] Zakon o radijacionoj i nuklearnoj sigurnosti i bezbednosti. Sl. gl. RS 95/2018 i 10/2019, 2019.
- [5] Categorization of Radioactive Sources, IAEA Safety Standards Series No. RS-G-1.9, Vienna, 2005, ISBN 92–0–103905–0.
- [6] Radiological Protection - Sealed Radioactive Sources - General Requirements and Classification, International Organization for Standardization, ISO 2919:2012, Geneva, 2012.

SAFE MANAGEMENT OF SEALED RADIOACTIVE SOURCES: POSSIBLE APPROACHES, HANDLING, CONDITIONING AND STORAGEMihajlo JOVIĆ¹, Nenad ŠIPKA¹, Ivana SMIČIKLAS¹*1) "Vinča" Institute of Nuclear Sciences, National Institute of the Republic of Serbia, University of Belgrade, Mike Petrovića Alasa 12-14, Belgrade***ABSTRACT**

Due to their wide application in industry, medicine, agriculture, and various research fields, the number of sealed radioactive sources (SRS) in the world is constantly increasing. In SRS, the radioactive material is hermetically sealed in a suitable capsule to prevent contact with the environment under normal conditions of use. In cases where such a source is replaced by another technique, becomes obsolete, has insufficient activity or is damaged, it is declared as a disused sealed radioactive source that can still be highly radioactive and potentially dangerous for human health and the environment. A large number of accidents have been recorded worldwide, so adequate management is a priority with the aim of preventing accidents of this type. The disused sealed radioactive source is not necessarily radioactive waste, so other options are considered before declaring it as such. This work aims to present possible approaches and provide insight into the necessary steps to manage sealed radioactive sources safely.

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
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 EKSTRANOM.....	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 KRVU	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 KRVU 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 PRIRODNIМ 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