

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



**ЗБОРНИК  
РАДОВА**

**XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
Сребрно језеро  
27- 29. септембар 2017. године**

**Београд  
2017. године**

**SOCIETY FOR RADIATION PROTECTION OF  
SERBIA AND MONTENEGRO**



# PROCEEDINGS

**XXIX SYMPOSIUM DZZSCG  
Srebrno jezero  
27- 29. September 2017**

**Belgrade  
2017**

ЗБОРНИК РАДОВА

XXIX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ  
27-29.09.2017.

Издавачи:

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

За извршног издавача:

Др Борислав Грубор

Уредници:

Др Јелена Станковић Петровић  
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-144-3

© Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:

Јелена Станковић Петровић, Гордана Пантелић

Штампа:

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

Тираж:

150 примерака

Година издања:

Септембар 2017.

## UKLANJANJE, KONDICIONIRANJE I SKLADIŠTENJE ISKORIŠTENIH RADIOAKTIVNIH IZVORA U CRNOJ GORI

**Nikola SVRKOTA, Tomislav ANDELIĆ, Benard BERIŠAJ, Ranko ZEKIĆ**

*Centar za ekotoksikološka ispitivanja, Podgorica, Crna Gora,  
nikola.svrkota@ceti.co.me*

### **SADRŽAJ**

*Tokom 2013. i 2014. godine svi iskorišteni radioaktivni izvori, uređaji sa zatvorenim izvorima zračenja, radioaktivni gromobrani, kompas i dr. su preuzeti, kondicionirani i smješteni u privremeno skladište za nisko i srednje radioaktivni otpad koje se nalazi u krugu Centra za ekotoksikološka ispitivanja Crne Gore. Ovi zadaci su realizovani kroz dva projekta. Prvi projekat IPA 2009 „Upravljanje zatvorenim radioaktivnim izvorima, uključujući radioaktivne gromobrane“, je bio podržan od strane EU. Tokom njegove realizacije uklonjeno je i transportovano u skladište 71 radioaktivni gromobran, 68 paketa sa radioaktivnim izvorima uključujući i 7000 radioaktivnih kompas. Drugi je bio Interegionalni TC projekat oznake INT9176 – "Jačanje kapaciteta kontrole iskorištenih zatvorenih radioaktivnih izvora u mediteranskom regionu" (IAEA i EU), koji je omogućio kondicioniranje izvora. U radu je prikazana realizacija ovih aktivnosti kao i rezultati dozimetrijskih mjerenja.*

### **1. UVOD**

Uklanjanje istrošenih radioaktivnih izvora, uređaja sa zatvorenim izvorima zračenja, radioaktivnih gromobrana izvršeno je tokom treće i četvrte faze projekta koji je finansirala Evropska Unija – IPA 2009 „Upravljanje zatvorenim radioaktivnim izvorima, uključujući radioaktivne gromobrane“. Ovaj dio projekta trajao je godinu dana od 01.04.2013. do 01.04.2014. dok je dio koji se odnosio na demontažu, preuzimanje, transport i smještanje izvora u skladište za nisko i srednje radioaktivni otpad (*Skladište*) realizovan u periodu od 01.08.2013. do 01.03.2014. Veliki broj publikacija bavio se ovom temom koja pokriva sve aspekte zaštite od jonizujućih zračenja i bezbjednim upravljanjem radioaktivnih izvora od njihove proizvodnje, korišćenja pa do bezbjednog skladištenja [1-5]. Nakon preliminarnog obilaska terena i priprema za rad koji se odnosio na nabavku nedostajuće opreme, dobijanje potrebnih dozvola (što je trajalo 3 mjeseca) počelo se sa terenskim aktivnostima. Pristup je bio takav da se svi poznati (popisani) izvori donesu u *Skladište*, tu izvrši provjera i početna kategorizacija izvora, pa tek nakon toga izvrši kondicioniranje, kategorizacija i stavljanje izvora u olovni kontejner. U tom trenutku Centar za ekotoksikološka ispitivanja (CETI) nije posjedovao takav kontejner, kao ni potpunu opremu za vađenje izvora iz gromobrana i industrijskih uređaja. Dodatnu opremu (kontejner za smještaj radioaktivnih izvora, olovno staklo) i ekspertsku pomoć CETI je dobio kroz Interegionalni TC projekat oznake INT9176 – "Jačanje kapaciteta kontrole iskorištenih zatvorenih radioaktivnih izvora u mediteranskom regionu" (IAEA i EU). U okviru tog projekta organizovana je kampanja kondicioniranja izvora koji su se nalazili u *Skladištu* i organizovan međuregionalni trening kurs na kome su učesnici prisustvovali demonstraciji vađenja izvora  $^{137}\text{Cs}$  iz industrijskog izvora. Ekspertski tj. radni tim, koji je realizovao zadatke iz prvog projekta, sastojao se od 4 fizičara (dvojica koja su išla na teren i dvojica za prijem i provjeru radioaktivnog materijala u *Skladištu*), 3

tehničara i vozača. Prilikom realizacije drugog projekta (kondicioniranje) bilo je angažovano osam fizičara (četiri iz CETI, tri iz EKOTEH-a i jedan ekspert iz IAEA).

U radu su prikazani rezultati dozimetrijskih mjerenja zaposlenih na ovim projektima, vršenih ličnim dozimetrima za cijelo tijelo, prsten dozimetrima kao i elektronskim dozimetrima.

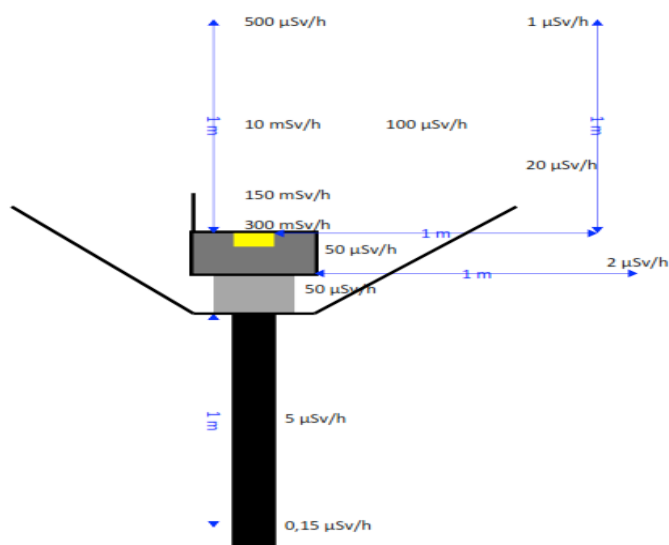
### 2. OPREMA I METODOLOGIJA

Tokom realizacije projekta uklanjanja gromobrana korišćena je mjerna oprema za određivanje jačina doza, identifikaciju radionuklida unutar uređaja i gromobrana, kao i za kvantitativnu analizu. Dio opreme koji se koristio na terenu: Thermo FH 40 G-L sa GM sondama FHZ 612 i FHZ 632 L, ručni spektrometrijski sistemi RIIDeye sa NaI(Tl) sondom (2x2)“ i InSpector 1000 sa NaI(Tl) sondom (1.5x1.5)“, prenosni HPGe detektor (korišćen u *Skladištu* prilikom određivanja aktivnosti radioaktivnih izvora u kućištima gromobrana). Lična dozimetrijska mjerenja koja su se odnosila na profesionalno izložena lica koja su realizovala zadatke vršena su pomoću TL sistema Thermo Harshaw 4500 i dozimetrima za cijelo tijelo i za prste (prsten dozimetri). Sistem Harshaw Model 4500 Manual TLD, pored TL dozimetara uključuje dvije važne komponente: TLD čitač i WinREMS program (The Windows Radiation Evaluation and Management System). WinREMS kontroliše sve radne operacije čitača TLD, uključujući čuvanje svih radnih parametara. Ovaj Model uključuje dvije fotomultiplikacione cijevi sa kliznim kućištem sa dvije planšete i sistemom za grijanje na gas (N<sub>2</sub>). Sistem za grijanje sa gasom koristi struju toplog azota i precizno kontrolisano linearno podizanje temperature do 400<sup>0</sup> C, kojim istovremeno zagrijava dvije pozicije od četiri na TLD kartici. U zatvorenoj petlji topli gas zagrijava TL kristal. Zagrijan TL kristal emituje svjetlost čiji je intenzitet srazmjeran apsorbovanoj energiji. Svjetlost se u fotomultiplikatoru pretvara u struju, koja se poslije pojačanja odvodi na registrator. Obrada tako dobijenog signala daje rezultat koji povezuje intenzitet strujnog impulsa sa apsorbovanom energijom u kristalu za vrijeme izlaganja zračenju te je rezultat obrade tzv. kriva isijanja na osnovu koje se određuje lični dozni ekvivalent [6]. Pored pasivnih korišćeni su i elektronski lični dozimetri Thermo Mk 2.3 i Mk 2.5.

Uklanjanje radioaktivnih gromobrana sastojalo se iz nekoliko etapa. Prvi dio se sastojao u tome da se obezbijedi lokacija, pomoću trake je obilježena kontrolisana zona, zatim se, nakon provjere opreme, vršilo dozimetrijsko mjerenje oko kućišta gromobrana. Nakon spuštanje šipke koja nosi kućište sa radioaktivnim izvorom vršena su dodatna dozimetrijska mjerenja i pristupalo se skidanju olovnog kućišta koje je okrenuto „izvorom ka dolje“ stavljano u transportni kontejner, i smješteno u vozilo. Za transport korišćen je kombi Mercedes Sprinter koji je pregrađen tako da je omogućena veoma dobra zaštita za vozače (i što se tiče rastojanja i zaštitne barijere). Nakon dozimetrijskih mjerenja oko i unutar (mjesta vozača i suvozača) vozila radioaktivni izvor/uređaj se prevezio do *Skladišta*. U *Skladištu* izvor je preuziman od strane kolega koji su bili zaduženi za prijem i početnu karakterizaciju izvora.

Prije nego što se krenulo u demontiranje i preuzimanje radioaktivnih izvora, kao što je napomenuto u uvodu, izvršeno je preliminarno obilaženje lokacija praćeno dozimetrijskim mjerenjima, te izvršen i proračun/predviđanje primljene efektivne doze profesionalno izloženih lica prilikom realizacije projekta. Na slici 1. prikazan je gromobran sa najvećim jačinama doza, izmjerenim od strane slovenačkih kolega iz firme „Zavod za varstvo pri delu“ (ZVD) koji su bili angažovani na projektu u cilju utvrđivanja

činjeničnog stanja na terenu i proračuna primljenih doza („fact-finding mission“) od 5. do 9. marta 2012. Slika je preuzeta iz njihovog izvještaja broj: DOZ-59/12-MG-GO [7].



**Slika 1. Izmjerene jačina doza jednog radioaktivnog gromobrana (RAG) u Crnoj Gori**

Procjena izloženosti članova tima za uklanjanje gromobrana i preuzimanje radioaktivnog materijala sastojala se iz predviđanja trajanja svakog segmenta uklanjanja gromobrana. Pretpostavljeno je da se u Crnoj Gori u tom trenutku nalazilo 80 gromobrana, te da se polovina od njih nalazila na stubovima. Korišćen je konzervativni pristup tj. uzete su maksimalno izmjerene jačine doza iz preliminarnog obilaska, pošto nisu svi gromobrani mogli biti izmjereni, a tom trenutku se nije znao tačan broj gromobrana. Prva pretpostavka je uključivala segmente uklanjanja gromobrana sa stubova, odnosno iz korpe dizalice, a druga da se gromobran nalazio na krovu. Takođe izvršena je procjena primljene efektivne doze za vozače. Procijenjeno vrijeme skidanja RAG sa stuba bilo je 110 minuta, a za to vrijeme procijenjena doza koju će primiti radnik 32,5 µSv. Prilikom skidanja RAG sa krova procijenjeno vrijeme iznosilo je 206 minuta, a primljena doza 41 µSv. Procijenjena doza za vozače bila je 14,5 µSv, jer je prosječno vrijeme transporta procijenjeno na 175 minuta. Poslije svega došlo se do zaključka da bi primljena efektivna doza prilikom skidanja i transporta RAG trebala biti 2,05 mSv. Procijenjena vrijednost za efektivnu dozu zadovoljava uslove propisane zakonskom regulativom [8].

### 3. REZULTATI I DISKUSIJA

U periodu od avgusta 2013. do januara 2014. uklonjeno je i spremljeno u *Skladište* 71 radioaktivni gromobran, 68 paketa sa radioaktivnim izvorima uključujući i 7000 radioaktivnih kompasu. Tri tehničara zajedno sa dva fizičara, označenih brojevima 1 i 2, obavljali su terenski dio poslova, i transport sa vozačem, dok su fizičari označeni brojevima 3 i 4 primali radioaktivne izvore u *Skladište*, vodili evidenciju, vršili ponovnu identifikaciju (potvrda terenskih mjerenja) radionuklida i određivali njihovu aktivnost gdje je to bilo moguće.

U tabeli 1 prikazani su rezultati dozimetrijskih mjerenja pomoću T1 dozimetara i elektronskih dozimetara za članove tima koji je obavio uklanjanje, transport i skladištenje.

**Tabela 1. Izmjerene doze EPD i TLD za cijelo tijelo prilikom uklanjanja i transporta radioaktivnih izvora iz iskorišćenih uređaja sa zatvorenim izvorima zračenja i radioaktivnih gromobrana**

Br.	Ime i Prezime	Ukupna doza TLD ( $\mu\text{Sv}$ )	Ukupna doza EPD ( $\mu\text{Sv}$ )	Ukupna doza Prsten TLD ( $\mu\text{Sv}$ )	TLD/EPD
1	Tehničar 1	309	72	3250	4,3
2	Tehničar 2	265	149	4130	1,8
3	Tehničar 3	206	70	2070	2,9
4	Vozač	180	121	2000	1,5
5	Fizičar 1	193	96	2100	2,0
6	Fizičar 2	327	140	4700	2,3
7	Fizičar 3	863	338	9590	2,6
8	Fizičar 4	481	131	3250	3,7

Kao što se može vidjeti iz tabele 1. raspon primljenih doza je od 180  $\mu\text{Sv}$ , doza koju je primio vozač, do 863  $\mu\text{Sv}$ , koju je primio fizičar zadužen za prijem izvora u *Skladište*. Fizičari 3 i 4 nisu ravnomjerno raspodjelili aktivnosti što se može vidjeti iz očitavanja TLDa i EPDa. Fizičar broj 3 je više bio u kontaktu sa izvorima (prenošenje i sl.) jer je primljena doza prsten dozimetra 3 puta veća od fizičara broj 4. Ono što je takođe primjetno je da su TL dozimetri prikazali 2 do 4 puta veću dozu od elektronskih dozimetara. Jedan od razloga može biti i taj što su se dozimetri često nosili na različitim mjestima radnog kombinezona, zbog lakšeg rada.

U periodu od nedelju dana kondicionirano je 90 iskorišćenih uređaja sa radioaktivnim izvorima zračenja. Od toga bilo je 66 izvora  $^{152/154}\text{Eu}$ , 4 izvora  $^{60}\text{Co}$  i 1 izvor  $^{241}\text{Am}$  iz radioaktivnih gromobrana (RAG), 6 (od 8) izvora  $^{137}\text{Cs}$  iz industrijskih izvora, 3 kalibraciona izvora  $^{90}\text{Sr}$ , 2  $^{226}\text{Ra}$  izvora iz žiroskopa, 4  $^{63}\text{Ni}$  i 2 tricijumska izvora izvađenih iz detektora eksploziva. Na slici 2 je prikazano vađenje radioaktivnog izvora iz gromobrana čije je kućište zardalo i koje je zahtijevalo duži boravak u blizini izvora.



**Slika 2. Vađenje radioaktivnog izvora iz gromobrana**

U tabeli 2 prikazane su doze prilikom kondicioniranja izvora.

**Tabela 2. Izmjerene doze EPD i TLD za cijelo tijelo prilikom demontiranja i vađenja radioaktivnih izvora iz iskorišćenih uređaja sa zatvorenim izvorima zračenja i radioaktivnih gromobrana**

Br.	Ime i Prezime	Ukupna doza TLD [μSv]	Ukupna doza EPD [μSv]	TLD/EPD
1	Fizičar 1	65	68	0,95
2	Fizičar 2	180	131	1,37
3	Fizičar 3	158	175	0,90
4	Fizičar 4	35	35	0,99
5	Fizičar 5	103	83	1,24
6	Fizičar 6	52	38	1,38
7	Fizičar 7	203	294	0,69
8	Fizičar 8	458	331	1,38

Upoređujući dobijene rezultate iz tabela 1 i 2 vidi se da iako se radilo sa skoro istom broju radioaktivnih izvora (tim se nije bavio kompasima) prosječne primljene doze su manje za 2 puta u odnosu na uklanjanje i transport radioaktivnih izvora (dobijene preko TLDa), dok su vrijednosti dobijene preko EPDa približno iste, razlikuju se za faktor 0,9. Iz tabele 2 vidi se da su prilikom kondicioniranja izvora bolja slaganja između TLDa i EPDa, najveća razlika je za faktor 1,4. Tabela 3 prikazuje doze dobijene prsten TL dozimetrima tokom kondicioniranja – sve vrijednosti su niže ili na nivou najniže vrijednosti tokom uklanjanja radioaktivnih izvora zračenja. Takođe se može uočiti da su tokom kondi-



cioniranja trojica fizičara (3, 7 i 8) obavili najveći dio posla koji se odnosi na vađenje izvora. Fizičari 5 i 6 bili su odgovorni da nadgledaju i upisuju podatke o izvorima.

**Tabela 3. Izmjerene doze prsten TL dozimetrima prilikom demontiranja i vađenja radioaktivnih izvora iz iskorišćenih uređaja sa zatvorenim izvorima zračenja i radioaktivnih gromobrana**

Br.	Ime i Prezime	Br. prsten dozimetra	Ukupna doza ( $\mu\text{Sv}$ )
1	Fizičar 1	10009	280
2	Fizičar 2	10005	380
3	Fizičar 3	10001	1640
4	Fizičar 5	10408	180
5	Fizičar 6	10451	150
6	Fizičar 7	10011	2080
7	Fizičar 8	10452	2160

#### 4. ZAKLJUČAK

Tokom 2013. i 2014. godine svi iskorišteni radioaktivni izvori, uređaji sa zatvorenim izvorima zračenja, radioaktivni gromobrani, kompas i dr. su preuzeti, kondicionirani i smješteni u privremeno skladište radioaktivnog otpada. Poslove su obavila dva osmočlana tima – prvi tim izvršio uklanjanje, transport i skladištenje do kondicioniranja, i drugi koji je obavio vađenje izvora iz kućišta gromobrana i uređaja. Primljene doze izmjerene TL dozimetrima, za prvi tim su se kretale od 180  $\mu\text{Sv}$  (za vozača) do 863  $\mu\text{Sv}$  (fizičar na prijemu u *Skladište*). Za isti period EDP su pokazali 72  $\mu\text{Sv}$  (tehničar) do 338  $\mu\text{Sv}$  (fizičar na prijemu u *Skladište*). Razlike u izmjerenim rezultatima koji su dobijeni za prvi tim između TLDa i EPDa kreću su od 2 do 4 puta. Za drugi tim izmjerene vrijednosti se kreću od 35  $\mu\text{Sv}$  do 458  $\mu\text{Sv}$  (TLD). Razlike između TLD i EPD su iznosile do 40%.

Najveća doza primljena je na rukama (prstima) kod fizičara koji se bavio primjekom radioaktivnih izvora u *Skladište*, i njihovom početnom karakterizacijom.

Svi članovi tima koji su realizovali aktivnosti uklanjanja gromobrana primili su efektivne doze koje su niže od procijenjenih pred početak projekta.

Ono što je važno naglasiti je da su primljene doze za sva profesionalno izložena lica koja su realizovala zadatke iz oba projekta primila efektivnu dozu koja je mnogo manja od Zakonom propisane granice koja iznosi 6 mSv za lica koja pripadaju kategoriji B odnosno 20 mSv za kategoriju A.

#### 5. LITERATURA

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources, Safety Series No. 115, IAEA, Vienna (1996).

- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Categorization of Radioactive Sources, IAEA-TECDOC-1344 (2003).
- [3] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 1996 Edition (Revised), Safety Standards Series No. TS-R-1 (ST-1 Revised), IAEA, Vienna (2000).
- [5] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Classification of Radioactive Waste, Safety Series No. 111-G-1.1, IAEA, Vienna (1994).
- [6] Model 4500 Manual TLD Reader with WinREMS™, Operator's Manual, Publication No 4500-W-O0602-004, saint Gobain Crystals&Detectors, Radiation Measurement Products, USA.
- [7] Marko Giacomelli, Gregor Omahen, Report No.: LDOZ-59/12-MG-GO, 11. 04. 2012.
- [8] Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima, Sl. list SRJ br. 32/98

### **REMOVING, CONDITIONING AND STORING OF USED RADIOACTIVE SOURCES IN MONTENEGRO**

**Nikola SVRKOTA, Tomislav ANĐELIĆ, Benard BERISAJ, Ranko ZEKIĆ**  
*Center for Ecotoxicological Testing, Podgorica, Montenegro,*  
[nikola.svrkota@ceti.co.me](mailto:nikola.svrkota@ceti.co.me)

#### **ABSTRACT**

*During 2013 and 2014, all used radioactive sources, devices with closed radiation sources, radioactive lightning rods, compasses, etc. were taken over, conditioned and placed in a temporary storage for low and intermediate radioactive waste located within the Center for Ecotoxicological Testing of Montenegro. These tasks were realized through two projects. The first project IPA 2009 "Managing closed radioactive sources, including radioactive lightning rods", was supported by the EU. During its implementation, 71 radioactive lightning rods, 68 packets of radioactive sources including 7000 radioactive compasses were removed and transported to the warehouse. The second was the Interregional TC project labeled INT9176 - "Strengthening the Control Capacity of Used Closed Radioactive Sources in the Mediterranean Region" (IAEA and EU), which enabled the conditioning of sources. The paper presents the realization of these activities as well as the results of dosimetric measurements.*