

**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.

PROCENA IZLAGANJA RADIOLOŠKOG OSOBLJA U DOMOVIMA ZDRAVLJA

Jelica KALJEVIĆ¹, Predrag BOŽOVIĆ^{1,2}, Olivera CIRAJ-BJELAC^{1,2} i Jelena STANKOVIĆ PETROVIĆ¹

1) Institut za nuklearne nauke Vinča, Univerzitet u Beograd, Srbija, jkaljevic@vinca.rs

2) Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

SADRŽAJ

Cilj ovog rada je procena efektivnih doza radiološkog osoblja profesionalno izloženih jonizujućem zračenju u domovima zdravlja u Srbiji. Za procenu doza su primenjene dve metode: (1) merenje ambijentalnog ekvivalenta doze, $H^*(10)$, korišćenjem jonizacione komore; i (2) merenje ličnog ekvivalenta doze, $Hp(10)$, korišćenjem termoluminescentnih dozimetara (TLD). Doze su procenjene za radiologe iz devet domova zdravlja koji rade iz kontrolisane zone zračenja i radiologe iz sedam domova zdravlja koji rade iz nadgledane zone zračenja. Godišnje doze su date za radiologe i radiološke tehničare za period od pet uzastopnih godina (2011-2015). Prosečna procenjena godišnja doza ne prelazi 12 mSv, na osnovu merenja $H^*(10)$, dok je 1,65 mSv maksimalna godišnja doza izmerena TLD metodom. Dobijeni rezultati pokazuju da doze osoblja ne prelaze zakonski predviđenu granicu godišnje doze od 20 mSv.

1. UVOD

Domovi zdravlja su najbrnije zdravstvene ustanove na primarnom nivou u sistemu zdravstvene zaštite stanovništva. U Srbiji ima 158 Domova zdravlja koji se razlikuju po veličini i obimu posla [1]. Na odeljenjima radiologije u Domovima zdravlja najučestalije se koriste rendgen aparati: i) za potrebe snimanja pluća, abdomena, ekstremiteta, itd; ii) za prosvetljavanje kod procedura kao što su pregledi gastrointestinalnog trakta i urinarnog trakta iii) mamografiju i to kao dijagnostička i skrining metoda. U većini domova zdravlja koriste se i rendgen-aparati za stomatološku radiologiju. U ovim radiološkim procedurama koristi se x-zračenje nazivnih napona 25-150 kV.

Radiološko osoblje za vreme procedure može da se nađe u kontrolisanoj i nadgledanoj zoni. U kontrolisanoj zoni osoblje može biti izloženo direktnom ili rasejanom x-zračenju dok u nadgledanoj zoni osoblje može biti izloženo samo rasejanom x-zračenju, koje je dodatno oslabljeno zaštitnim barijerama koje okružuju rendgen-aparat.

Prema navedenom, radiološko osoblje jeste profesionalno izloženo spoljašnjem jonizujućem zračenju i obavezan je monitoring individualnog izlaganja. Za procenu efektivne doze osoblja mogu da se koriste dve metode: merenje ambijentalnog ekvivalenta doze $H^*(10)$ na radnom mestu, i merenje ličnog ekvivalenta doze, $Hp(10)$ [2].

Prema [2] merenje ambijentalnog ekvivalenta doze obavlja se makar jednom godišnje, i nakon značajnijih intervencija na rendgen-aparatu. Za merenje $H^*(10)$ se koristi jonizaciona komora ili drugi adekvatan i etaloniran prenosni monitor zračenja.

U okviru lične dozimetrijske kontrole procenjuje se $Hp(10)$ odgovarajućim pasivnim dozimetrima. Lična kontrola predstavlja deo sistema zaštite lica profesionalno izloženih spoljašnjem fotonomskom zračenju. Dozimetri s očitavaju jednom u mesec dana za kategoriju A profesionalno izloženih lica i jednom u tri meseca za kategoriju B profes-

onslno izloženih lica [2]. Ovlašćeni dozimetrijski servisi u Srbiji koriste termoluminescentne dozimetre za telo, radi procene ličnog ekvivalenta doze $H_p(10)$.

U ovom radu su dati rezultati godišnje kontrole ambijentalne doze na radnom mestu, i lične dozimetrijske kontrole radiološkog osoblja. Rezultati su prikazani za pet uzastopnih godina (2011-2015).

2. MATERIJAL I METODE

Procena izlaganja profesionalno izloženih lica je izvršena korišćenjem dve metode: merenjem ambijentalne doze $H^*(10)$ i merenjem ličnog ekvivalenta doze za telo $H_p(10)$.

Merenje ambijentalnog ekvivalenta doze

Ambijentalni ekvivalent doze je operativna dozimetrijska veličina koja se koristi za dozimetrijsku karakterizaciju polja zračenja u okolini izvora. Ova veličina se meri u okviru kontrole profesionalnih izlaganja i na osnovu tih merenja moguće je proceniti dozu za profesionalno izložena lica.

Za merenje dozimetrijske veličine $H^*(10)$ korišćen je prenosni dozimetar koji sadrži jonizacionu komoru pod pritiskom Victoreen 451P (Fluke Biomedical, USA). Ovaj dozimetar je etaloniran u jedinicama ambijentalnog ekvivalenta doze $H^*(10)$. Merenja su obavljena u režimu snimanja i prosvetljavanja uz primenu vodenog fantoma dimenzija $20 \times 20 \times 15 \text{ cm}^3$. Kod mamografskih procedura korišćeni fantom je debljine 4,5 cm od polimetilmetakrilata. Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze za vreme trajanja procedure je merena na rastojanju koje odgovara poziciji glave, grudi, gonada i ruku lica koja upravljaju rendgen-aparatima. Procena doze je izvršena na osnovu rezultata merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze po proceduri i radnog opterećenja u datoj ustanovi. Podaci o radnom opterećenju su dobijeni od samog osoblja. Procena doze dobijena na ovakav način odnosi se na radno mesto. U slučaju da na istom radnom mestu radi više operatera, ukupna doze je podeljena sa brojem izvršilaca. Prilikom ove procene nije uzeto u obzir umanjenje doze usled upotrebe ličnih i kolektivnih zaštitnih sredstava.

Merenje ličnog ekvivalenta doze

U Laboratoriji "Zaštita" za merenje ličnog ekvivalenta doze za celo telo, $H_p(10)$, koristi se merni sistem koga čine: komercijalni dozimetri, TLD -100 (LiF:Mg,Ti) (Harshaw, USA), čitač dozimetara "Harshaw Model 6600 PLUS Automated TLD Reader" (Harshaw, USA), program WinREMS (Harshaw, USA) i program TL dozimetrija. Sva merenja su izvršena na automatskom TLD čitaču koji se sastoji od programabilnog sistema baziranog na brzom zagrevanju gasa (azota), i sistema fotomultiplikatora koji mere intenzitet termoluminescentne svetlosti [3]. Program WinREMS (Windows based Radiation Evaluation and Management System) omogućava kontrolu merenja i izračunava ekvivalent doze prema (1):

$$D = \frac{Q \cdot ECC}{RCF} \quad (1)$$

gde je: D - izmereni ekvivalent doze u smislu $H_p(10)$, Q - naelektrisanje na izlazu fotomultiplikatora, ECC - koeficijent kalibracije svakog pojedinačnog dozimetra, RCF - koeficijent kalibracije čitača.

Koeficijenti *ECC* i *RCF* se dobijaju pomoću tri automatske kalibracione procedure programa WinREMS: i) izbor kalibracionih dozimetara, ii) kalibracija čitača i iii) kalibracija dozimetara. Za izračunavanje *RCF* koeficijenta, kalibracioni dozimetri se na odgovarajućem fantomu zrače u dozimetrijskoj laboratoriji sa sekundarnim standardom (SSDL) prema standardu ISO 4037 na referentnom radioaktivnom izvoru ^{137}Cs [4, 5, 6]. Za određivanje *ECC*, koristi se iradijator u samom čitaču i program WinREMS. Konačan rezultat svih kalibracionih procedura je dozimetar spreman za korisnika.

Program TL dozimetrija povezuje rezultate merenja iz programa „WinREMS“ sa bazom ličnih podataka kontrolisanih lica (ime, prezime, JMBG).

Korisnik nosi dozimetar tri meseca, nakon čega se dozimetar očitavana u TLD čitaču. Zbir svih očitavanja u toku jedne godine za datog korisnika predstavlja procenjenu godišnju efektivnu dozu.

3. REZULTATI

Rezultati lične dozimetrijske kontrole su dati za devet Domova zdravlja (DZ1-DZ9) i to za pet uzastopnih godina za radno mesto radiologa koji rade iz kontrolisane zone i radno mesto radiologa koji rade iz nadgledane zone zračenja.

U tabeli 1 je dat broj zaposlenih radiologa u posmatranim Domovima zdravlja. Tabela 2 prikazuje srednje efektivne godišnje doze za određeno radno mesto i za određen Dom zdravlja, procenjene metodom merenja ambijentalne doze.

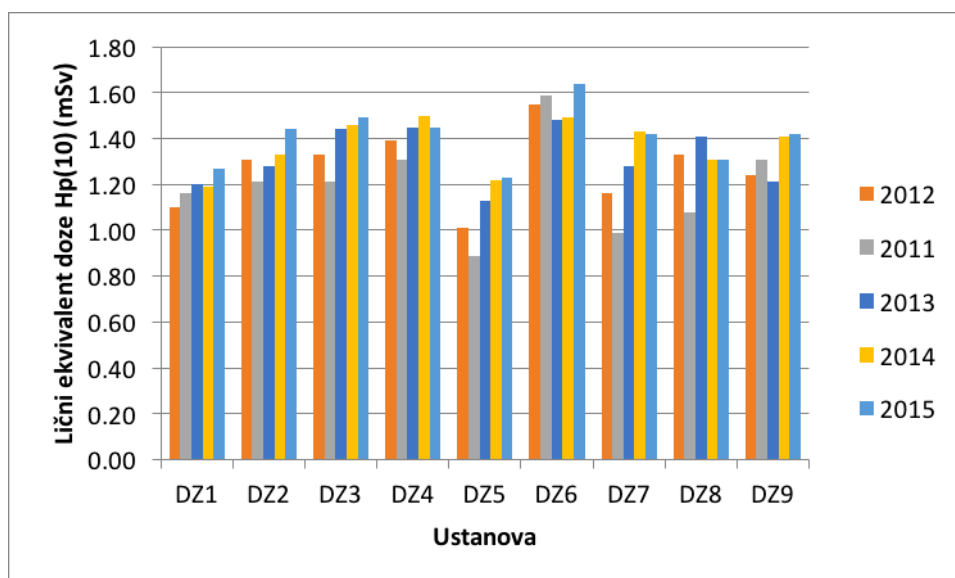
Tabela 1. Broj radiologa koji rade u kontrolisanoj zoni u posmatranim domovima zdravlja

Kontrolisana zona zračenja									
Ustanova	DZ1	DZ2	DZ3	DZ4	DZ5	DZ6	DZ7	DZ8	DZ9
DRA[#]	1	2	1	1	1	1	1	1	2
Nadgledana zona zračenja									
Ustanova	DZ1	DZ2	DZ3	DZ4	DZ5	DZ6	DZ7		
DRA[#]	2	1	1	1	2	1	1		

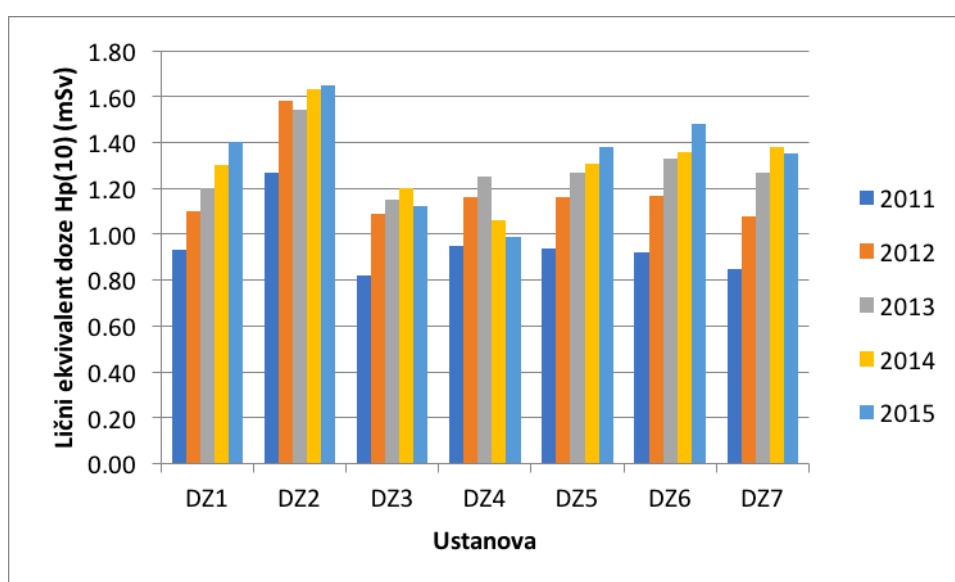
Tabela 2. Procenjene godišnje efektivne doze radiologa metodom merenja $H^*(10)$

Kontrolisana zona zračenja									
Ustanova	DZ1	DZ2	DZ3	DZ4	DZ5	DZ6	DZ7	DZ8	DZ9
$E_{\text{KON}} [\mu\text{Sv}]$	0,1	11	3,6	0,1	54	24	0,1	1,3	14
Nadgledana zona zračenja									
Ustanova	DZ1	DZ2	DZ3	DZ4	DZ5	DZ6	DZ7		
$E_{\text{NAD}} [\mu\text{Sv}]$	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1		

Na slikama 1 i 2 dati su rezultati srednjih efektivnih godišnjih doza za posmatrano radno mesto i za datu godinu.



Slika 1. Srednje godišnje efektivne doze za radiologe koji rade iz kontrolisane zone u domovima zdravlja (metoda merenja $H_p(10)$)



Slika 2. Srednje godišnje efektivne doze za radiologe koji rade iz nadgledane zone u domovima zdravlja (metoda merenja $H_p(10)$)

4. DISKUSIJA

Rezultati pokazuju da su srednje efektivne doze procenjene dvema metodama, manje od zakonski propisane granice od 20 mSv/god. Maksimalne procenjene vrednosti efektivne doze prema metodi merenja $H^*(10)$ iznose 54 mSv i 0,1 mSv, respektivno za radno mesto radiologa iz kontrolisane i nadgledane zone zračenja. Ove maksimalne vrednosti se razlikuju od procenjenih maksimalnih efektivnih doza prema metodi merenja $H_p(10)$, koje iznose 1,64 mSv i 1,65 mSv za oba radna mesta.

Razlika koja se javlja u rezultatima ove dve metode može biti objašnjena time što:

1) u metodi merenja $H^*(10)$ rezultat procene efektivne doze zavisi od informacija koje daje osoblje i koje u datom trenutku ne mogu biti proverene; ova metoda ne uzima u

obzir atenuaciju usled upotrebe zaštitnih sredstava koja se u manjoj ili većoj meri koriste rutinski; takođe, ova metoda ne prepoznaje neravnomernost u raspodeli radnog opterećenja među operaterima;

2) korisnik može da ne nosi redovno lični TLD, tako da TLD pokazuje dozu manju nego što je korisnik dozimetra primio.

5. ZAKLJUČAK

Lica profesionalno izložena spoljašnjem zračenju u Domovima zdravlja rade sa generatorima rendgenskog zračenja. Procena efektivne godišnje doze može se izvršiti primenom dve metode. Prvi metod se sastoji od merenja ambijentalnog ekvivalenta doze, a drugi od merenja ličnog ekvivalenta doze. Rezultati u ovom radu pokazuju da ova dva metoda daju različite rezultate, ali oba pokazuju da su doze radiološkog osoblja manje od zakonske granice za profesionalno izlaganje jonizujućem zračenju.

6. ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja kroz projekat broj III43009.

7. LITERATURA

- [1] Zdravstveno-statistički godišnjak republike Srbije 2013. – Beograd (DrSubotića5), Institut za javno zdravlje Srbije „DrMilanJovanovićBatuf”, (2013), ISSN 2217-3714 (Online).
- [2] Pravilnik o granicama izlaganja jonizujućim zračenjima i merenjima radi procene nivoa izlaganja jonizujućim zračenjima. *Sl. glasnik RS*, 86 (2011).
- [3] Model 6600 PLUS Automated TLD Reader with WinREMSTM, *Thermo Electron Co.*, Oakwood Village, OH(2006).
- [4] X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of energy, ISO 4037-1, (1996).
- [5] X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of energy, ISO 4037-2, (1997).
- [6] X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of energy,ISO 4037-2, (1999).

RADIOLOGY STAFF DOSE ASSESMENT IN PRIMARY HEALTH CENTERS

Jelica KALJEVIĆ¹, Predrag BOŽOVIĆ^{1,2}, Olivera CIRAJ-BJELAC^{1,2} and Jelena STANKOVIĆ PETROVIĆ¹

- 1) Vinca Institute of Nuclear Science, University of Belgrade, Belgrade, Serbia, jkaljevic@vinca.rs
- 2) School of Electrical Engineering, University of Belgrade, Belgrade, Serbia

ABSTRACT

The aim of this study is to estimate the effective doses to workers occupationally exposed to ionizing radiation in small health centers in Serbia. To assess doses two methods were applied: (1) the measurement of the ambient equivalent dose, $H^(10)$ using ionization chambers routinely utilized during workplace monitoring; and (2) the measurement of the personal equivalent dose, $H_p(10)$, using thermoluminescent dosimeters routinely utilized during individual monitoring. Doses were estimated for radiologist working from controlled and supervised area. Annual doses are given for for a period of five consecutive years (2011-2015). The average annual dose does not exceed 12 mSv assessed by the workplace monitoring method, or 1.65 mSv measured by the individual monitoring method. The results show that estimated doses are well below annual dose limits of 20 mSv for the occupational exposure.*