

**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.

## INTERKOMPARACIJSKA MJERENJA U OBLASTI ISPITIVANJA RENDGEN-APARATA

**Benard BERIŠAJ<sup>1</sup>, Sandra ČEKLIĆ<sup>2</sup>, Aleksandra MILATOVIĆ<sup>1</sup>, Olivera CIRAJ-BJELAC<sup>2</sup>**

- 1) Centar za ekotoksikološka ispitivanja, Podgorica, Crna Gora, [beniber@t-com.me](mailto:beniber@t-com.me),  
[aleksandra.milatovic@ceti.co.me](mailto:aleksandra.milatovic@ceti.co.me)
- 2) Institut za nuklearne nauke Vinca, Univerzitet u Beogradu, Srbija,  
[csandra@vinca.rs](mailto:csandra@vinca.rs)

### **SADRŽAJ**

*U radu su prikazani rezultati interkomparacije dvije laboratorije iz oblasti ispitivanja rendgen-aparata u Crnoj Gori i Srbiji. Međulaboratorijsko poređenje se odnosi na mjernu opremu Barracuda RTI Eletronics sa MPD detektorom koja služi za ispitivanje rendgen uređaja na osnovu standardnih protokola za QC u dijagnostičkoj radiologiji. Osnovni zadatak interkomparacije bio je verifikacija tehničkih karakteristika mjernog aparata sa kojim se kontroliše niz parametara koji utiču na kvalitet rada rendgen-aparata. Interkomparacija se odnosi na mjerne veličine: napon rendgenske cijevi, jačina kerme u vazduhu i debljinu poluslabljenja (HVL). U radu je opisana metodologija i način organizacije interkomparacije a prikazani su i postignuti rezultati i zaključak.*

### **1. UVOD**

Međunarodni sistem mjera (IMS) za metrologiju obrazuje konceptijske okvire za radijacionu dozimetriju. U cilju realizacije programa osiguranja kvaliteta (QA) u radiološkoj dijagnostici sa stanovništva IMS, neophodno je ostvariti vezu između relevantnih entiteta: *Bureau International des Poids et Mesures* (BIPM), Primarnih standardnih laboratorija za dozimetriju (PSDL) koje pružaju usluge Sekundarnim standardnim laboratorijama za dozimetriju (SSDL) i organizuje interkomparacije, kao i odgovornog entiteta za sprovođenje sistema osiguranja kvaliteta (QA) i korisnike dozimetrijskih mjerenja [1-2].

SSDL Instituta za nuklearne nauke Vinča-(VINS-SSDL) je smještena u okviru Laboratorije za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine i članica je mreže SSDL-ova koju je uspostavila Međunarodna agencija za atomsku energiju (IAEA) u saradnji sa Svetskom zdravstvenom organizacijom (WHO) [3]. Ova laboratorija posjeduje 6 izvora izotopa <sup>60</sup>Co, 3 izvora izotopa <sup>137</sup>Cs i industrijski generator X-zračenja Philips MG-320. Referentne vrijednosti za odgovarajuće veličine se određuju sekundarnim etalonima sledljivim do primarnog standarda BIPM [1-2]. Za mjerenja u oblasti zaštite od zračenja u mnogim zemaljama traži se akreditacija prema standardu ISO/IEC 17025[4]. Laboratorije koje se bave zaštitom od zračenja oduvijek su težile što većem kvalitetu svojih mjerenja.

Da bi se neka metoda mogla akreditovati po standardu SIST EN ISO/IEC 17025 moraju se ispuniti kako administrativni, tako i tehnički zahtjevi za mjerna ispitivanja. Administrativni zahtjevi se u glavnom odnose na vođenje laboratorije dok tehnički se odnose na metodu, opremu, kalibraciju, na mjernu nesigurnost metode, osoblje (zaposleni) itd [4]. Tehničko osoblje, koje se bavi mjerenjima, obično dosta dobro poznaje svoju opremu i metode kalibracije, mjernu nesigurnost metode, poznaje parametre okoline koji utiču na rezultate i što je veoma bitno zna i interpretirati rezultate

mjerenja. Svaku metodu je neophosno validovati i poslije toga redovito pratiti postignuti kvalitet. Jedan od boljih načina za validaciju, kao i za kontolu kvaliteta su uspoređivanja sa drugim laboratorijama – interkompacije. Interkomparacije predstavljaju važnu aktivnost koja dokazuje da su usluge koje pružaju dozimetrijske laboratorije u skladu sa međunarodno prihvaćenim standardima. U oblasti metrologije jonizujućeg zračenja, najčešća su dva tipa interkomparacija: interkomparacije sa termoluminiscentnim dozimetrima i interkomparacije sa etaloniranim jonizacionim komorama ili drugim transfer instrumentima [1-2]. Često se može desiti da se tokom interkomparacije dobiju rezultati izvan intervala, koji se smatra prihvatljivim. U tom slučaju neophodno je pronaći razlog odstupanja i prema potrebi čak korigovati metodu. Metoda se mora redovito provjeravati i osim interkomparacija mora postojati sistem kontrole rezultata. Sa redovnim testovima kontrole provjerava se oprema pa i postupci osoblja.

## 2. MATERIJAL I METODE

U ovom radu biće predstavljeni rezultati interkomparacije u kojem su učestvovalе dvije laboratorije: Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine-Institut za nuklearne nauke „Vinča“ i Jedinica za dozimetrijska mjerenja i mjerenja buke-Centra za ekotoksikološka ispitivanja Podgorica. Ove dvije laboratorije su uspostavile sistem kvaliteta i akreditaciju prema standardu ISO/IEC 17025:2006 [4]. U ovom radu predstavljeni su rezultati interkomparacije u oblasti dozimetrije, odnosno dijagnostičke radiologije. Interkomparacija se održala u Laboratoriji za radijaciona mjerenja-INN Vinča. Kvaliteti zračenja korišćeni u ovoj interkomparaciji kao i svi kvaliteti zračenja koji se koriste u VINS-LRM su uspostavljeni u skladu sa standardom ISO 4037-1 [5]. Referentne vrijednosti odgovarajuće veličine su određene sekundarnim etalomom Exradin Magna A650, sledljivim do primarnog standarda BIPM. Etaloniranje dozimetara koji se koriste u dijagnostičkoj radiologiji se vrši metodom poređenja po standardu International Code of Practice, Technical Report Series No. 457 (TRS 457) koja je akreditovana u VINS-LRM [1]. Međulaboratorisko poređenje se odnosi na poluprovodničke detektore koji su predmet uporednih mjerenja, Barracudu RTI Electronics sa detektorom MPD (tabela 1) [6].

**Tabela 1. Mjerila**

Naziv mjerila	Serijski broj	Tip detektora	Vlasništvo	Oznaka
Barracuda, MPD	MPD-08070047	Poluprovodnički	INN Vinča	A
Barracuda, MPD	MPD-12120025	Poluprovodnički	INN Vinča	B
Barracuda, MPD	MPD-07110013	Poluprovodnički	CETI-Podgorica	C

Mjerene veličine koje se upoređivane ovom interkomparacijom su: Napon rendgenske cijevi iskazan preko veličine practical peak voltage u kVp, jačina kerme u vazduhu u  $\mu\text{Gy/s}$  i debljina poluslabljenja (HVL) u mmAl.

Dok, oprema za generisanje snopa X-zračenja je rendgen aparat Philips MG320 sa odabranim standardnim kvalitetima snopa RQR5 i RQR6. Referentna tačka detektora je označena površina dozimetra koji je pozicioniran na 100 cm od fokusa. Dozimetri su izlagani u snopovima zračenja pri vrijednosti napona 70 i 80 kV, i struji od 5 mA u trajanju 5 s. Izmjerene vrijednosti su upisane u tabelama 2-4 koje su sastavni dio ovog

rada. Odabrani kvaliteti snopova su RQR5 sa parametrima 70 kV i 5 mA i RQR6 sa parametrima 80 kV i 5 mA.

**Tabela 2. Rezultati mjerenja napona rendgenske cijevi u kvalitetu snopova RQRS i RQR6**

Mjerne veličine	U (kVp)					
	RQR 5 (U=70 kV, I=5 mA)			RQR 6 (U=80 kV, I=5 mA)		
Zadate veličine	A	B	C	A	B	C
Oprema						
Broj mjerenja						
1	71,65	74,54	71,10	81,97	85,83	81,32
2	71,53	74,58	71,19	82,12	86,10	81,26
3	71,57	74,50	71,14	82,09	86,08	81,18
4	71,53	74,51	71,04	82,01	86,00	81,31
5	71,40	74,67	70,97	82,05	86,09	81,40
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>71,54</b>	<b>74,56</b>	<b>71,09</b>	<b>82,05</b>	<b>86,02</b>	<b>81,29</b>
<b>Standardna devijacija</b>	<b>0,09</b>	<b>0,07</b>	<b>0,09</b>	<b>0,06</b>	<b>0,11</b>	<b>0,08</b>

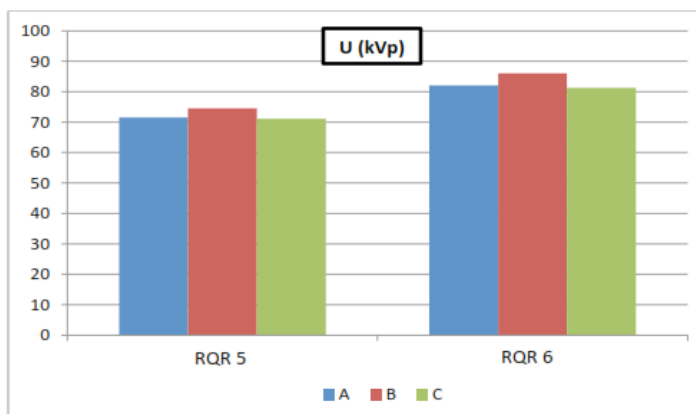
**Tabela 3. Rezultati mjerenja jačine kerme u vazduhu u kvalitetu snopova RQRS i RQR6**

Mjerne veličine	K (mGy)					
	RQR 5 (U=70 kV, I=5 mA)			RQR 6 (U=80 kV, I=5 mA)		
Zadate veličine	A	B	C	A	B	C
Oprema						
Broj mjerenja						
1	225	255	216	294	327	285
2	224	254	216	294	327	286
3	225	255	217	294	327	285
4	225	255	216	294	327	285
5	225	254	217	294	327	285
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>225</b>	<b>255</b>	<b>216</b>	<b>294</b>	<b>327</b>	<b>285</b>
<b>Standardna devijacija</b>	<b>0,45</b>	<b>0,55</b>	<b>0,55</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,45</b>

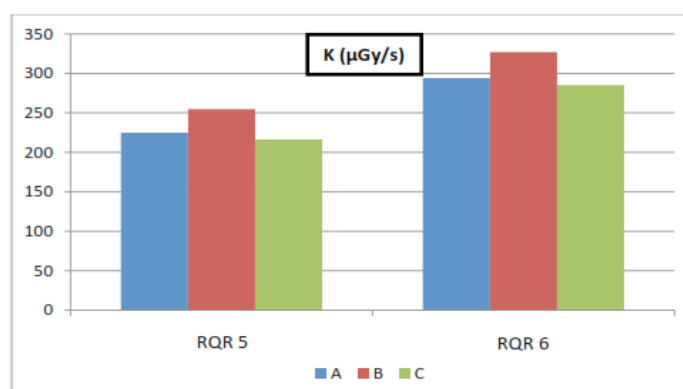
**Tabela 4. Rezultati mjerenja debljine poluslabljenja (HVL) u kvalitetu snopova RQRS I RQR6**

Mjerne veličine	HVL (mm Al)					
	RQR 5 (U=70 kV, I=5 mA)			RQR 6 (U=80 kV, I=5 mA)		
Zadate veličine	A	B	C	A	B	C
Oprema						
Broj mjerenja						
1	2,54	2,63	2,61	2,85	2,85	2,92
2	2,55	2,65	2,61	2,82	2,82	2,92
3	2,54	2,63	2,59	2,83	2,83	2,94
4	2,54	2,65	2,60	2,84	2,84	2,91
5	2,54	2,64	2,59	2,84	2,84	2,92
<b>Srednja vrijednost</b>	<b>2,54</b>	<b>2,64</b>	<b>2,60</b>	<b>2,88</b>	<b>2,84</b>	<b>2,92</b>
<b>Standardna devijacija</b>	<b>0,00</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>

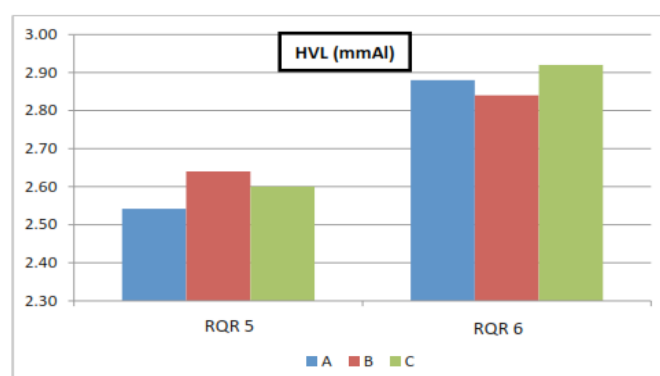
Na slikama 1-3 grafički su prikazani rezultati mjerenja mjernih veličina koje su upoređivane u dva kvaliteta snopova RQR5 i RQR6.



**Slika 1. Rezultati merenja napona rendgenske cevi u kvalitetu snopova RQR5 i RQR6**



**Slika 2. Rezultati merenja jacine kerme u vazduhu u kvalitetu snopova RQR5 i RQR6**



**Slika 3. Rezultati merenja debljine poluslabljenja u kvalitetu snopova RQR5 i RQR6**

#### 4. ZAKLJUČAK

U ovoj interkomparaciji, u oblasti dijagnostičke radiologije, postignuti su dobri rezultati, jer su rezultati merenja svih parametara bili su uporedivi i unutar intervala mjerne

nesigurnosti. Crnoj Gori je neophodna praksa kao u nekim zemljama u okolini da se u našoj regulativi, laboratorijama za zaštitu od zračenja zahtijeva akreditacija prema ISO/IEC 17025 i da je to uslov za ovlašćenje od strane regulatornih agencija. CETI prepoznaje značaj interkomparacija pa pokušava da što više isprati u skladu sa svojim mogućnostima.

### 5. LITERATURA

- [1] International Atomic Energy Agency. Dosimetry in Diagnostic Radiology: An International Code of Practice. Technical Report Series No. 457, 2007. IAEA, Vienna.
- [2] International Atomic Energy Agency. Calibrations of radiation protection monitoring instruments. Safety Report Series No 16, 2000. IAEA, Vienna.
- [3] International Atomic Energy Agency. SSDL Network Charter. The IAEA/WHO network of Secondary Standard Dosimetry Laboratories, 1999. IAEA, Vienna.
- [4] ISO, IEC. ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories, ISO/IEC (2005)
- [5] ISO. ISO 4037-1: X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy — Part 1: Radiation characteristics and production methods, ISO (1996)
- [6] IEC. IEC 61267:2006. Medical diagnostic X-ray equipment. Radiation conditions for use in the determination of characteristics for medical diagnostic X-ray equipment, IEC (2006)

### INTERCOMPARISONS ON MEASUREMENTS IN THE FIELD OF TESTING X-RAY UNIT

**Benard BERIŠAJ<sup>1</sup>, Sandra ĆEKLIĆ<sup>2</sup>, Aleksandra MILATOVIĆ<sup>1</sup>, Olivera CIRAJ-BJELAC<sup>2</sup>**

- 1) *Centre for Ecotoxicological Research, Podgorica, Montenegro, [beniber@t-com.me](mailto:beniber@t-com.me), [aleksandra.milatovic@ceti.co.me](mailto:aleksandra.milatovic@ceti.co.me)*
- 2) *Vinca Institute of Nuclear Sciences, Belgrade, Serbia, [csandra@vinca.rs](mailto:csandra@vinca.rs)*

#### **ABSTRACT**

*Results of inter-comparison of two laboratories, dealing with examination of X-ray units in Montenegro and Serbia, have been presented in this work. Inter-laboratory comparison is related to measuring equipment Barracuda RTI Electronics with MPD detector, which is used for examination of X-ray units on the basis of standard protocols for QC in diagnostic radiology. Basic aim of inter-comparison was to verify technical characteristics of measuring apparatus, and they are used for control of numerous parameters which influence the quality of X-ray apparatus performance.*

*Inter-comparison concerns the following measuring figures: voltage of X-ray tube, intensity of karm in air and the width of half-attenuation (HVL). Methodology and organization manner of inter-comparison have been described in this work, and reached results and conclusion have been presented as well. Measuring results of all parameters are comparable, even in the interval where measuring uncertainty exists.*