ЗБОРНИК РАДОВА

XXX СИМПОЗИЈУМ ДРУШТВА ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

2. - 4. октобар 2019. године
Хотел “Дивчибаре”, Дивчибаре, Србија

ДРУШТВО ЗА ЗАШТИТУ ОД ЗРАЧЕЊА
СРБИЈЕ И ЦРНЕ ГОРЕ

ЗБОРНИК РАДОВА

XXX СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
Дивчибаре
2- 4. октобар 2019. године

Београд
2019. године

RADIATION PROTECTION SOCIETY OF SERBIA AND MONTENEGRO

PROCEEDINGS

XXX SYMPOSIUM RPSSM
Divčibare
2nd- 4th October 2019

Belgrade
2019

ЗБОРНИК РАДОВА

ХХХ СИМПОЗИЈУМ ДЗЗСЦГ
2-4.10.2019.

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

За извршног издавача:
Проф. др Снежана Пајовић, научни саветник
в.д. директора Института за нуклеарне науке Винча

Уредници:
Др Михајло Јовић
Др Гордана Пантелић

ISBN 978-86-7306-154-2

©Institut za nuklearne nauke „Vinča“

Техничка обрада:
Михајло Јовић, Гордана Пантелић

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

Тираж:
150 примерака

Година издања:
Септембар 2019.

ISPITIVANJE AKTIVNIH AMBIJENTALNIH DOZIMETARA UPOLJIMA POZADINSKOG ZRAČENJA NISKOG INTEZITETA

Miloš ĐALETIĆ[1], Aleksandra SOKIĆ[2], Nikola KRŽANOVIĆ[1] i Miloš ŽIVANOVIĆ[1]

1) Institut za nuklearne nauke „Vinča", Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine „Zaštita", Beograd, Srbija, djaletic@vinca.rs, krzanovic@vinca.rs, milosz@vinca.rs

2) JP„Nuklearni objekti Srbije", Beograd, Srbija, aleksandra.sokic@nuklearniobjekti.rs

SADRŽAJ

Etaloniranje aktivnih ambijentalnih dozimetara izvodi se pri poznatim jačinama ambijentalnog doznog ekvivalenta pri čemu se vrši korekcija na vrednost prirodnog pozadinskog zračenja (fona). Izmerenu vrednost ambijentalnog doznog ekvivalenta zračenja u životnoj sredini uvećava vrednost inherentnog fona detektora. Cilj ovog rada je ispitivanje aktivnih ambijentalnih dozimetara na niskom nivou fona unutar čelične zaštite brojača gama-aktivnosti celog tela i određivanje inherentne vrednosti pozadinskog zračenja za svaki dozimetar. Rezultati ispitivanja pokazuju da inherentno pokazivanje dozimetra može imati značajan uticaj na izmerene vrednosti ambijentalnog doznog ekvivalenta pozadinskog zračenja.

1. Uvod

U Laboratoriji za radijaciona merenja (u daljem tekstu LRM), Laboratorije za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine „Zaštita" Instituta „Vinča", vrši se etaloniranje aktivnih ambijentalnih dozimetara koji se koriste u oblasti zaštite od zračenja. Etaloniranje se vrši prema metodama iz dokumenta Međunarodne agencije za nuklearnu energiju IAEA SRS 16:2000 [1]. Etaloniranje se obavlja u opsegu koji obuhvata 8 redova veličine ambijentalnog doznog ekvivalenta ($H^*(10)$). Referentne vrednosti su određene tako što se merni sklop pre početka merenja nulira, što eliminiše inherentni fon ali i prirodni fon. Zbog toga je pre etaloniranja korisničkih uređaja potrebno izvršiti očitavanja pokazivanja ukupnog fona, a zatim se ove vrednosti oduzimaju od pokazivanja pri svim vrednostima $\dot{H}^*(10)$. Ovo je posebno važno za niske vrednosti $H^*(10)$, reda veličine 10^{-7} do 10^{-6} Sv/h, kada je referentna vrednost uporediva sa prirodnim fonom. Prema metodama SRS 16 [1] u slučajevima etaloniranja uređaja koji se koriste za merenje $\dot{H}^*(10)$ čiji je intezitet istog reda veličine kao i nivo prirodnog fona, neophodno je izvršiti korekciju na inherentni fon detektora. Inherentni fon detektora predstavlja izmerenu vrednost $\dot{H}^*(10)$ kada se detektor nalazi u sredini u kojoj je nivo zračenja veoma nizak. Inherentni fon je moguće ispitivati u takozvanim niskofonskim laboratorijama. Primer je laboratorija u rudniku soli, u kojoj je prirodni fon oko 2 nSv/h [2]. Ispitivanje dozimetara prikazanih u ovom radu vršeno je unutar

čelične zaštite brojača gama-aktivnosti celog tela (u daljem tekstu WBC – Whole Body Counter) koji pripada JP„Nuklearni objekti Srbije“.

2. Postavka merenja i korišćeni instrumenti

Za merenje niskih vrednosti $H^*(10)$ korišćen je Automess 6150 AD6 sa scintilacionom sondom 6150AD-b/H. Sonda sadrži plastični scintilator visoke osetljivosti i širokog energetskog opsega merenja. Pomenuta sonda je značajna za ova merenja budući da pruža mogućnost merenja $H^*(10)$ reda nekoliko nSv/h usled niske vrednosti inherentnog fona i dobre energetske zavisnosti koja se kreće od -20% do +5% na celom energetskom opsegu (normalizovano na Cs-137). Tipične vrednosti inherentnog fona za ovu sondu su manje od 2 nSv/h [3]. Scintilaciona sonda je etalonirana u kvalitetu S-Co (srednja energija 1,25 MeV) u opsegu od 150 nSv/h do 10 μSv/h, sa korekcijom na prirodni fon.
Merenje na niskom nivou prirodnog zračenja vršeno je u WBC kabini. Svi uređaji su bili postavljeni na pod kabine. Referentne vrednosti su dobijene merenjem scintilacionom sondom, koja su obavljena istovremeno sa ostalim uređajima. Inherentni fon je određivan iz razlike pokazivanja uređaja i referentne vrednosti. Dodatna ispitivanja su izvršena u etalonskim poljima izvora Co-60. Referentne vrednosti su bile uvećane za prirodni fon izmeren scintilacionom sondom.
Testirani su uređaji *DMRZ-M15* [4], *DMRZ-M15A* [5] proizvedeni u Laboratoriji "Zaštita" INN Vinča i *GMC-320*, *GMC-500+* proizvođača GQ Electronics LLC, Seattle, USA.

Slika 1. Dozimetri prilikom merenja unutar WBC čelične kabine.

3. Rezultati ispitivanja

Na osnovu merenja scintilacionom sondom u WBC kabini, određena je srednja vrednost $\dot{H}^*(10)$ od 16,9 nSv/h. S obzirom na deklarisani inherentni fon za ovu sondu od

maksimalno 1 nSv/h, korigovana vrednost iznosi 16 nSv/h. Inherentni fon za ostale dozimetre određen je oduzimanjem ove vrednosti od odgovarajućih izmerenih vrednosti pri istim uslovima.
Rezultati ispitivanja dozimetara u niskofonskoj laboratoriji, kao i u referentnim poljima gama zračenja, dati su u tabelama 1 i 2. Primećuje se značajna razlika između referentne i izmerene vrednosti, posebno u poljima zračenja niskog inteziteta, što ukazuje na prisustvo inherentnog fona detektora.

Tabela 1. Rezultati ispitivanja ambijentalnih dozimetara DMRZ-M15(A).

Naziv ambijentalnog dozimetra					
DMRZ-M15 (1)		**DMRZ-M15 (2)**		**DMRZ-M15A**	
Jačina ambijentalne doze $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)					
Referentna	Izmerena	Referentna	Izmerena	Referentna	Izmerena
16,0	95,5	16,0	94,3	16,0	47,7
78,2	155,6	79,2	155,1	80,2	113,4
228,2	312,2	229,2	300,6	230,2	261,4
378,2	445,0	379,2	455,2	380,2	410,8
578,2	664,8	579,2	654,9	580,2	624,7
778,2	842,9	779,2	870,7	780,2	842,4
1078	1150	1079	1183	1080	1166
2078	2073	2079	2166	2080	–
3078	3191	3079	3318	3080	3269
5078	5242	5079	5380	5080	5405
10078	10121	10079	10448	10080	10674
20078	–	20079	20172	20080	20750

Tabela 2. Rezultati ispitivanja ambijentalnih dozimetara GMC-320 i GMC-500+.

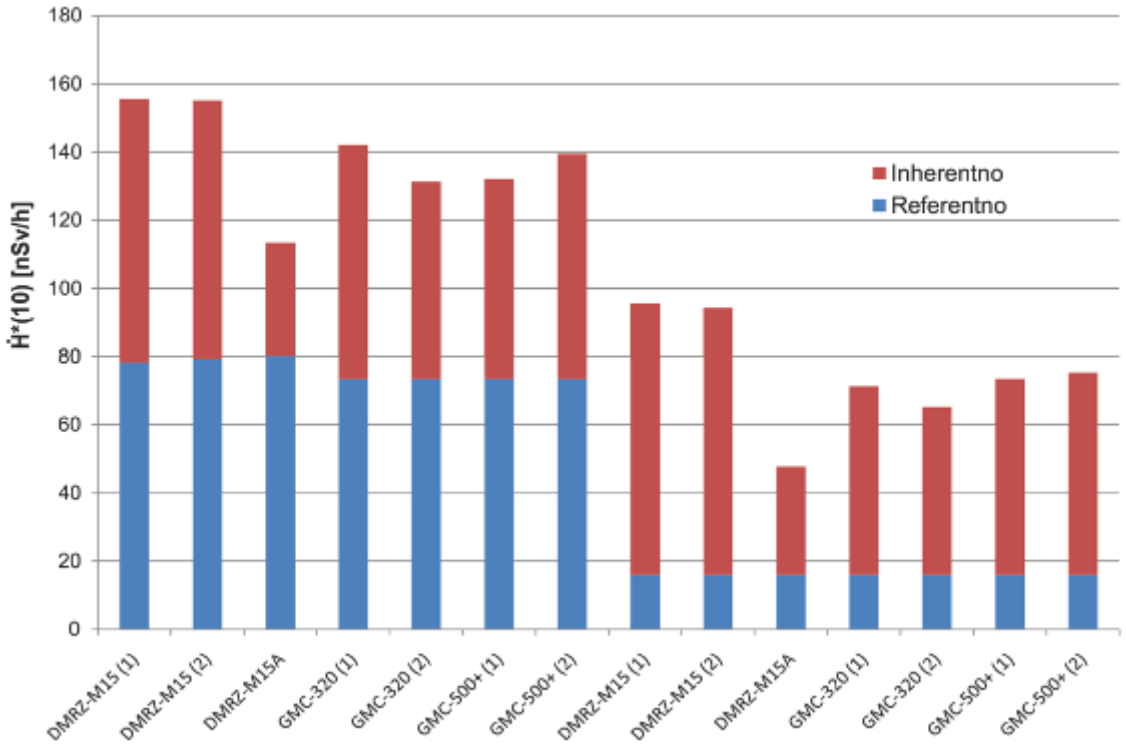
Naziv ambijentalnog dozimetra							
GMC-320 (1)		**GMC-320 (2)**		**GMC-500+ (1)**		**GMC-500+ (2)**	
Jačina ambijentalne doze $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)							
Referentna	Izmerena	Referentna	Izmerena	Referentna	Izmerena	Referentna	Izmerena
16,0	71,2	16,0	65,2	16,0	73,5	16,0	75,3
73,4	142,1	73,4	131,3	73,4	132,0	73,4	139,4
373,4	416,7	373,4	427,8	373,4	440,7	373,4	450,2
773,4	907,5	773,4	859,9	773,4	859,4	773,4	854,5
1073	1176	1073	1207	1073	1172	1073	1135
3073	3023	3073	2969	3073	3076	3073	3119
10073	10200	10073	10141	10073	9788	10073	10038

U tabeli 3 date su uporedne vrednosti merenja u WBC kabini i pri prirodnom nivou pozadinskog zračenja. Vrednost apsolutnog doprinosa inherentnog fona detektora se kreće u granicama od 30 nSv/h do 80 nSv/h.
Na slici 2 prikazan je grafik na kojem se vidi odnos vrednosti inherentnog pokazivanja detektora i referentne jačine doze. U tabeli 4 su upoređene vrednosti referentnog i pomoćnog ambijentalnog dozimetra Automess 6150 AD-b/H. Međusobno odstupanje

izmerenih od srednjih vrednosti i od referentnih vrednosti odgovarajuće je za ovaj tip merenja

Tabela 3. Uporedne vrednosti merenja u WBC kabini i pri prirodnom pozadinskom zračenju.

Referentna vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)		**Naziv ambijentalnog dozimetra**	**Izmerena vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)**	**Doprinos inherentnog fona $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)**
Prirodni fon u laboratoriji	78,2	DMRZ-M15 (1)	155,6	77,4
	79,2	DMRZ-M15 (2)	155,1	75,9
	80,2	DMRZ-M15A	113,4	33,2
	73,4	GMC-320 (1)	142,1	68,7
	73,4	GMC-320 (2)	131,3	57,9
	73,4	GMC-500+ (1)	132,0	58,6
	73,4	GMC-500+ (2)	139,4	66,0
Nivo pozadinskog zračenja u WBC	16,0	DMRZ-M15 (1)	95,5	79,5
	16,0	DMRZ-M15 (2)	94,3	78,3
	16,0	DMRZ-M15A	47,7	31,7
	16,0	GMC-320 (1)	71,2	55,2
	16,0	GMC-320 (2)	65,2	49,2
	16,0	GMC-500+ (1)	73,5	57,5
	16,0	GMC-500+ (2)	75,3	59,3

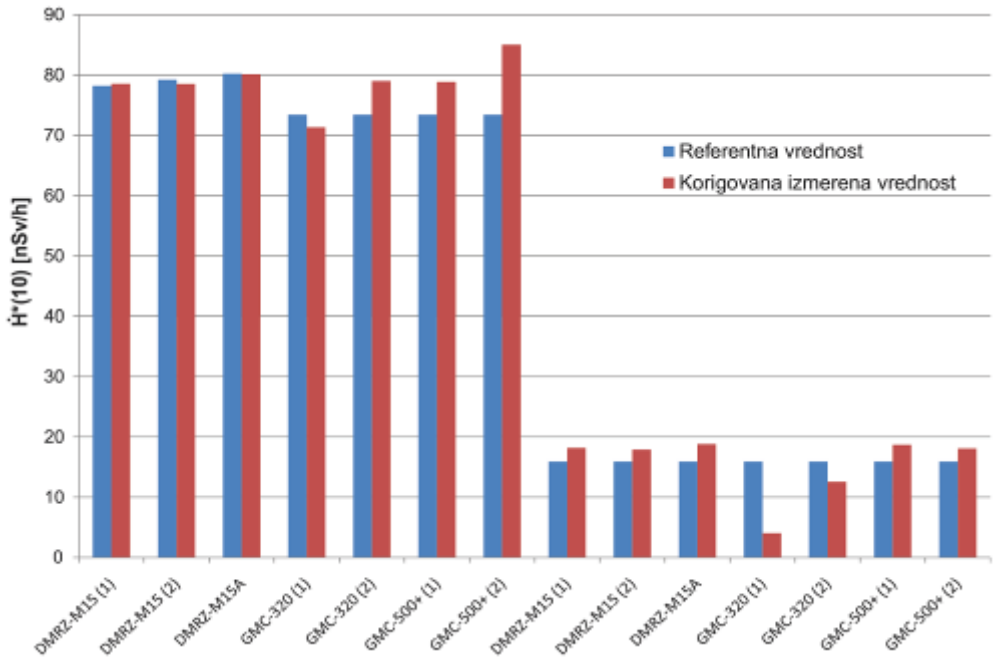


Slika 2. Odnos vrednosti inherentne i referentne jačine doze u izmerenoj vrednosti.

Tabela 4. Uporedno merenje referentnog i pomoćnog ambijentalnog dozimetra Automess 6150 AD-b/H.

Referentna vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)	Izmerena vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)		Korigovana vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)		Srednja vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)	Relativno odstupanje od srednje vrednosti (%)	
	Automess 6150 AD-b/H (1 ref) (bez korekcije)	Automess 6150 AD-b/H (2) (bez korekcije)	Automess 6150 AD-b/H (1 ref) (Nk = 0,966)	Automess 6150 AD-b/H (2) (Nk = 0,692)	/	Automess 6150 AD-b/H (1 ref) (Nk = 0,966)	Automess 6150 AD-b/H (2) (Nk = 0,692)
WBC	16	24	15,5	16,6	16,0	-3,59	3,59
Fon u etalonskom polju	78	111	82,1	81,0	81,5	0,70	-0,70
Fon u laboratoriji	85	117	75,3	76,8	76,1	-0,96	0,96
150 nSv/h	237	328	153,6	150,2	151,9	1,13	-1,13
300 nSv/h	392	544	303,3	299,6	301,5	0,61	-0,61
500 nSv/h	610	841	513,9	505,2	509,5	0,86	-0,86
3000 nSv/h	3256	4478	3070	3022	3046,0	0,79	-0,79

U tabeli 4 date su vrednosti inherentnog fona dobijene linearnim fitovanjem referentnih i izmerenih vrednosti. Relativno odstupanje korigovane i referentne vrednosti značajno je smanjeno nakon korekcije, što je takođe prikazano i na slici 3.



Slika 3. Uporedni prikaz referentne i korigovane jačine ambijentalnog doznog ekvivalenta nakon oduzimanja inherentnog fona detektora.

Tabela 4. Određivanje inherentnog fona i korekcija kalibracionog faktora.

Referentna vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)		**Naziv ambijentalnog dozimetra**	**Izmerena vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)**	**Fitovana vrednost inherentnog fona $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)**	**Standardna greška $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)**	**Korekcija kalibracionog faktora**	**Merna nesigurnost kalibracionog faktora**	**Korigovana izmerena vrednost $\dot{H}^*(10)$ (nSv/h)**	**Relativno odstupanje korigovane vrednosti od referentne (%)**
Prirodni fon u laboratoriji	78,2	DMRZ-M15 (1)	155,6	77,7	6,3	1,004	0,019	78,52	0,41
	79,2	DMRZ-M15 (2)	155,1	76,1	2,1	0,997	0,0062	78,51	-0,87
	80,2	DMRZ-M15A	113,4	32,6	0,7	0,994	0,0032	80,11	-0,11
	73,4	GMC-320 (1)	142,1	63,5	9,5	0,949	0,043	71,32	-2,8
	73,4	GMC-320 (2)	131,3	53,0	4,8	1,005	0,022	78,99	7,6
	73,4	GMC-500+ (1)	132,0	56,9	0,35	1,028	0,0016	78,83	7,4
	73,4	GMC-500+ (2)	139,4	60,5	3,4	1,044	0,011	85,01	16
Nivo pozadinskog zračenja u WBC	16,0	DMRZ-M15 (1)	95,5	77,7	6,3	1,004	0,019	18,18	14
	16,0	DMRZ-M15 (2)	94,3	76,1	2,2	0,997	0,0062	17,90	13
	16,0	DMRZ-M15A	47,7	32,6	0,71	0,994	0,0032	18,82	18
	16,0	GMC-320 (1)	71,2	63,5	9,43	0,949	0,043	7,67	-75
	16,0	GMC-320 (2)	65,2	53,0	4,80	1,005	0,022	12,56	-21
	16,0	GMC-500+ (1)	73,5	56,9	0,35	1,028	0,0016	18,69	18
	16,0	GMC-500+ (2)	75,3	60,5	3,34	1,044	0,011	18,09	14

4. Zaključak

U radu su uspešno određene vrednosti inherentnih fonova ambijentalnih dozimetara različitih proizvođača. Korigovane vrednosti ambijentalnog doznog ekvivalenta pokazuju značajno manje odstupanje od referentnih vrednosti pozadinskog zračenja. Korišćenjem referentnog ambijentalnog dozimetra sa niskim inherentnim fonom i dobrim energetskim odzivom, moguće je proceniti vrednost jačine ambijentalnog doznog ekvivalenta. Pored kalibracionog faktora koji se dobija u uverenju o etaloniranju, za merenja niskih jačina doza bliskih prirodnom fonu, od velikog je značaja poznavanje inherentnog fona dozimetra. Time se obezbeđuje značajno manja greška merenja na vrednostima ambijentalnog doznog ekvivalenta do 1000 nSv/h, što je od značaja za merenja aktivnim ambijentalnim dozimetrima koji se koriste u mrežama rane najave usled pojave radijacionog akcidenta i ostalim situacijama u kojima je neophodno meriti niske vrednosti ambijentalnog doznog ekvivalenta. Određivanje inherentnog fona detektora na veoma niskim vrednostima pozadinskog zračenja u niskofonskim laboratorijama pri kontrolisanim laboratorijskim uslovima, bi proizvelo značajno pouzdanije rezultate.

5. Literatura

[1] Safety Reports Series, No. 16, IAEA, Vienna, 2000.

[2] A. Stochioiu, S. Bercea, The measurement of the natural radiation background in a salt mine. *Rom. Rep. Phys.* 56, 2011, 757–761.

[3] SCINTILLATOR PROBE6150AD-b (/H, /E), Automess, https://www.automess.de/Download/Prospekt_ADb_E.pdf (pristupljeno 18.02.2019.)

ASSAYNG ACTIVE AMBIENT DOSIMETERS AT LOW BACKGROUND LEVELS

Miloš ĐALETIĆ[1], Aleksandra SOKIĆ[2], Nikola KRŽANOVIĆ[1] and Miloš ŽIVANOVIĆ[1]

1) Vinca Institute of Nuclear Sciences, Radiation and Environmental Protection Department, Belgrade, Serbia, djaletic@vinca.rs, krzanovic@vinca.rs, milosz@vinca.rs

2) Public Company "Nuclear facilities of Serbia", Belgrade, Serbia, aleksandra.sokic@nuklearniobjekti.rs

ABSTRACT

Calibration of active ambient dosimeters is performed by using known values of ambient dose rate and with instrument background value subtraction. Measured value of ambient dose rate is increased by intrinsic background of the instrument. The goal of this paper is to assay response of active ambient dosimeters at low background levels inside the shielding of a whole body counter installation and to assess the intrinsic background of the dosimeters. Test results show that intrinsic background of the instrument can substantially increase measured value of ambient dose rate in the environment.