

ЈАЧИНА АМБИЈЕНТАЛНОГ ДОЗНОГ ЕКВИВАЛЕНТА И КОРЕЛАЦИЈА СА МЕТЕОРОЛОШКИМ ПАРАМЕТРИМА У ГРАДУ ВАЉЕВУ И ОКОЛИНИ

Љиљана ГУЛАН, Милован ЛЕКОВИЋ,
Душица СПАСИЋ и Биљана ВУЧКОВИЋ

Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици,
Природно-математички факултет, Лоле Рибара 29, 38220 Косовска Митровица,
liljana.gulan@pr.ac.rs, milovan.lekovic@gmail.com, dusica.spasic@pr.ac.rs,
biljana.vuckovic@pr.ac.rs

САДРЖАЈ

Ради процене стања радиоактивности у животној средини, спроведена су мерења јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху на територији града Ваљева и околине. Истраживање је спроведено Гајгер-Милеровим бројачем модел FS2011, у јуну 2021 на 40 локација. Мерења су вршена на земљи и на висини од 1 m у урбаном, руралном и индустријском подручју. Током мерења забележени су параметри температуре, влажности ваздуха и атмосферског притиска на локацијама. Истражена је корелација између мерења амбијенталног дозног еквивалента на различитим висинама, и корелација са метеоролошким параметрима.

1. Увод

Позадинско зрачење (природни фон зрачења) које се региструје у нормалним условима, потиче од космичког зрачења, природних и антропогених радионуклида у тлу, ваздуху и површини земље [1]. Карактеристично је за одређено подручје, а зависи од геологије терена и надморске висине. Природни радионуклиди терестричног порекла присутни су у различитом степену у свим медијима животне средине. Ови радионуклиди са полуживотом упоредивим са старошћу Земље, као и њихови производи распада могу допринети изложености становништва. Природно зрачење у тлу и на површини земље потиче од ^{40}K и радионуклида у нивовима ^{238}U , ^{235}U и ^{232}Th , а антропогено зрачење је присутно након тестова нуклеарног оружја и нуклеарних акцидента. Просечан светски допринос јачини дозе од терестричног зрачења на отвореном процењује се на $70 \mu\text{Sv/y}$ [2]. Јачина дозе у ваздуху се мења од места до места и током времена, јер разноликост састава земљишта утиче на варијацију дозе више од космичког зрачења [3,4]. Виши нивои позадинског зрачења повезани су са вулканским стенским масама (гранит), а нижи са седиментним стенама [5] и квартарном геолошком подлогом [6]. Због тога је важно и пожељно добити информације о позадинском зрачењу, мерењем јачине апсорбоване дозе гама зрачења или јачине амбијенталног дозног еквивалента где је могуће у животној окружењу. Ово може послужити као корисна база података у случају акцидента.

Метеоролошки услови (температура, ветар, влага, падавине) могу утицати на промену вредности измерене јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху. Такође, турбулентно мешање приземног ваздуха и продуката распада радона може изазвати промену јачине амбијенталног дозног еквивалента за 6-17 % [7]. Максимална вредност јачине амбијенталног дозног еквивалента у приземном ваздуху достиже се крајем лета и почетком јесени, због повећане количине падавина и разлика у температури ваздуха и тла.

2. Место истраживања и метод мерења

Ваљево се простире на 2.256 ha, на просечној надморској висини од 185 m (терени између 200 и 600 m надморске висине). Геолошку грађу подручја општине Ваљево представљају стене готово свих врста и различите старости, почев од разноврсних седиментних и магматских стена, од девона и средњег тријаса до квартара. Геолошка грађа целог Колубарског округа се може поделити на три геотектонске јединице: динарски палеозојски метаморфити, зона мезозојског комплекса и јадарска област метаморфита и мезозојских претежно карбонатних стена. Значајне су неогене творевине ваљевско-мионичког басена, и квартарне творевине ограниченог распрострањења. Клима ваљевског краја је умерено континентална.

Мерења јачине амбијенталног дозног еквивалента на 40 локација у граду Ваљеву и околини извршена су Гајгер-Милеровим бројачем FS2011 у два дана (19.06. и 20.06.2021.године) у периоду од 12-16 h. Мерења су извршена на 15 локација у урбаном и руралном подручју, и на 10 локација у индустријској зони града Ваљева. На свакој локацији је прво вршено мерење јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху на тлу и на висини од 1 m у циклусима од 5 min. Такође, параметри температуре, влажности ваздуха и притиска су преузети са сајта Републичког Хидрометеоролошког Завода Србије и ажурирани у тренуцима мерења за сваку локацију. Два дана пре планираног и извршеног мерења није било падавина у граду Ваљеву и околини.

Детектор јонизујућег зрачења FS2011 има високу ефикасност детекције на енергијама зрачења у распону од 50 keV-1.5 MeV $\leq \pm 30\%$ за ^{137}Cs , што одговара енергијским пиковима већине терестричних радионуклида. Резолуција показивања уређаја је 0,01 μSv . Мерна несигурност мерења је 5,2 %, $k=2$. Мерни опсег јачина дозног еквивалента је од 0,01 до 1000 $\mu\text{Sv/h}$.

3. Резултати и дискусија

На сликама 1-3 приказане су мапе урбаног, руралног и индустријског подручја града Ваљева, респективно, са бројевима локација на којима су извршена мерења јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху.

За свако поменуто подручје средње вредности мерења јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху су приказане у табелама 1-3, уз актуелне метеоролошке параметре температуре, влажности ваздуха и притиска. У табелама 1-3 дати су опсеги измерених вредности јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху. Разлике у измереним вредностима јачине амбијенталног дозног еквивалента су у оквиру мерне несигурности са којом је урађено мерење.

Коефицијенти линеарне корелације јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху са метеоролошким параметрима су приказани у табели 4.

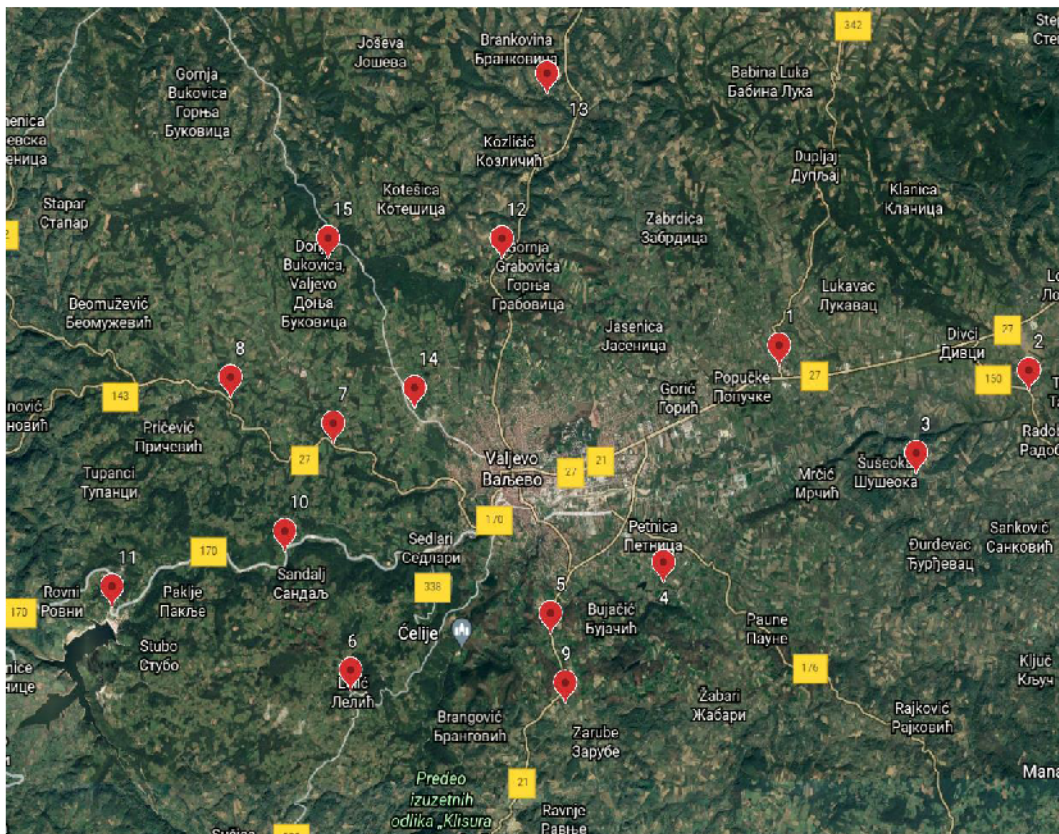
Све добијене вредности линеарне корелације су статистички безначајне: у урбаном подручју града Ваљева коефицијент корелације између вредности јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху на површини тла и на 1 m од тла износи 0,11, док су у руралном подручју и индустријској зони града Ваљева коефицијенти корелације између јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху на површини тла и на 1 m од тла је 0,06 и -0,16, респективно.



Слика 1. Мапа са локацијама у урбаној зони града Ваљева.

Табела 1. Јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху и метеоролошки параметри у урбаном делу града Ваљева.

Број локације	Јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху ($\mu\text{Sv/h}$)		Т (°C)	Влажност ваздуха (%)	Притисак (kPa)
	На тлу	На 1 m од тла			
1.	0,12	0,15	31,8	35	992,8
2.	0,09	0,12	31,2	37	992,5
3.	0,09	0,15	31,8	35	992,8
4.	0,11	0,15	31,7	35	992,7
5.	0,12	0,18	31,8	35	992,7
6.	0,09	0,12	30,8	36	991,4
7.	0,12	0,27	30,9	36	991,4
8.	0,06	0,15	30,8	38	991,4
9.	0,21	0,18	30,6	38	991,5
10.	0,15	0,18	31,1	35	991,4
11.	0,13	0,15	31,3	36	991,2
12.	0,18	0,12	31,3	36	991,4
13.	0,15	0,12	31,1	36	991,5
14.	0,12	0,18	30,9	35	991,5
15.	0,12	0,15	31,2	36	990,3
Опсег	0,06-0,21	0,12-0,27	-	-	-



Слика 2. Мапа са локацијама у руралној зони града Ваљева.

Табела 2. Јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху и метеоролошки параметри у руралној зони града Ваљева.

Број локације	Јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху ($\mu\text{Sv/h}$)		Т ($^{\circ}\text{C}$)	Влажност ваздуха (%)	Притисак (кПа)
	На тлу	На 1 m од тла			
1.	0,09	0,3	25,4	62	993,0
2.	0,12	0,06	24	66	992,9
3.	0,15	0,15	23,9	63	992,8
4.	0,03	0,09	26	63	992,4
5.	0,27	0,15	27,1	56	992,1
6.	0,18	0,12	30,5	36	991,6
7.	0,09	0,06	31,3	36	991,2
8.	0,12	0,24	31,4	36	990,0
9.	0,15	0,09	27,1	56	992,1
10.	0,12	0,09	31,1	35	991,4
11.	0,09	0,15	31,1	35	991,2
12.	0,21	0,18	30,9	36	991,4
13.	0,12	0,24	31,1	38	990,9
14.	0,06	0,09	30,7	36	991,4
15.	0,15	0,15	30,7	36	991,3
Опсег	0,03-0,27	0,06-0,3	-	-	-



Слика 3. Мапа са локацијама у индустријској зони града Ваљева.

Табела 3. Јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху и метеоролошки параметри у индустријској зони града Ваљева.

Број локације	Јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху ($\mu\text{Sv/h}$)		Т ($^{\circ}\text{C}$)	Влажност ваздуха (%)	Притисак (kPa)
	На тлу	На 1 m од тла			
1.	0,18	0,12	31,8	35	992,8
2.	0,19	0,15	31,8	35	992,7
3.	0,09	0,12	31,2	37	992,5
4.	0,1	0,12	31,2	37	992,6
5.	0,24	0,09	31,2	37	992,5
6.	0,12	0,21	29,1	45	992,7
7.	0,09	0,21	28,6	48	992,7
8.	0,12	0,21	25,8	59	993,1
9.	0,09	0,06	25,3	58	992,6
10.	0,12	0,06	25,7	60	992,6
Опсег	0,09-0,24	0,09-0,21	-	-	-

Табела 4. Коefицијенти линеарне корелације јачина амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху са метеоролошким параметрима.

Коefицијент линеарне корелације		Јачина амбијенталног дозног еквивалента	
		на тлу	на 1 m од тла
Урбано подручје	Температура ($^{\circ}\text{C}$)	-0,196	-0,179
	Влажност (%)	0,081	-0,093
	Притисак (kPa)	-0,255	-0,087
Рурално подручје	Температура ($^{\circ}\text{C}$)	-0,07	0,145
	Влажност (%)	-0,025	-0,113
	Притисак (kPa)	0,005	-0,223
Индустријско подручје	Температура ($^{\circ}\text{C}$)	0,494	0,068
	Влажност (%)	-0,482	-0,04
	Притисак (kPa)	-0,054	0,615

4. Закључак

Зрачење које се детектује у нормалним условима, потиче од космичког зрачења и природних радионуклида, а зависи од геологије терена, надморске висине мерног места, и карактеристично је за одређени простор.

У овом раду измерене су вредности јачине амбијенталног дозног еквивалента гама зрачења у ваздуху у граду Ваљево и околини. Утврђено је да се вредности јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху не прелазе 0,3 $\mu\text{Sv/h}$ и да су, осим на неколико локација, вредности дозног еквивалента у оквиру светских граница до 0,2 $\mu\text{Sv/h}$. Разлог може бити разноликост геолошке грађе истраживаног терена.

Нису забележене значајне корелације између мерених вредности јачине амбијенталног дозног еквивалента у ваздуху и параметара температуре, влажности ваздуха и притиска.

5. Захвалница

Рад је подржан од стране Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије Уговором бр. 451-03-9/2021-14/200123.

6. Литература

- [1] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. *Sources and effects of ionizing radiation: Report to General Assembly with Scientific Annexes*. UNSCEAR, New York: United Nations, 2000.
- [2] United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and effects of ionizing radiation. *Annex B: Exposure of the public and workers from various sources of radiation*. UNSCEAR, New York: United Nations, 2008.
- [3] L. Gulan, Spasović, L. Outdoor and Indoor Ambient Dose Equivalent Rates in Berane Town, Montenegro. In RAD5 Proceeding of Fifth International Conference on radiation and applications in various fields of research. *RAD 2017 Conference Proceedings 2*, 137–140.
- [4] L. Gulan. Temporal and spatial variations of ambient dose equivalent rate in urban and rural sites. *University Thought, Publication in Natural Sciences* 8 (1), 2018, 52-55.
- [5] Z. Stojanovska, B. Boev, Z.S. Zunic, K. Ivanova, M. Ristova, M. Tsenova, P. Bossew. Variation of indoor radon concentration and ambient dose equivalent rate in different outdoor and indoor environments. *Radiat. Environ. Bioph.* 55(2), 2016, 171-183.
- [6] M.S.M. Sanusi, A.T. Ramli, H.T. Gabdo, N.N. Garba, A. Heryanshah, H. Wagiran, M.N. Said. Isodose mapping of terrestrial gamma radiation dose rate of Selangor state, Kuala Lumpur and Putrajaya, Malaysia. *J. Environ. Radioactiv.* 135, 2014, 67-74.
- [7] M. Lebedyte, D. Butkus, G. Morkunas. Variations of the ambient dose equivalent rate in the ground level air. *J. Environ. Radioactiv.* 64, 2003, 45-57.

**AMBIENT DOSE EQUIVALENT RATE AND CORRELATION WITH
METEOROLOGICAL PARAMETERS IN THE CITY OF VALJEVO AND
SURROUNDINGS**

**Ljiljana GULAN, Milovan LEKOVIĆ,
Dušica SPASIĆ and Biljana VUČKOVIĆ**

*University of Priština in Kosovska Mitrovica, Faculty of Sciences and
Mathematics, Lole Ribara 29, Kosovska Mitrovica, Serbia,
ljiljana.gulan@pr.ac.rs, milovan.lekovic@gmail.com,
dusica.spasic@pr.ac.rs, biljana.vuckovic@pr.ac.rs*

ABSTRACT

In order to assess the state of radioactivity in the environment, measurements of ambient dose equivalent rate in the air on the territory of the city of Valjevo and its surroundings were carried out. The research was conducted with a Geiger-Miller counter model FS-2011, in June 2021 at 40 locations. Measurements were performed on the ground and at a height of 1 m in urban, rural and industrial areas. During the measurement, the parameters of temperature, air humidity and atmospheric pressure at the locations were recorded. The correlation between the measurement of ambient dose equivalent rate at different heights and the correlation with meteorological parameters w.