

**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.

RADIOLOŠKA KARAKTERIZACIJA INDUSTRIJSKOG OBJEKTA – NEKADAŠNJEG POGONA ZA PROIZVODNJU FOSFORNE KISELINE “ELIXIR ZORKA – MINERALNA ĐUBRIVA DOO ŠABAC”

Nevena ZDJELAREVIĆ¹, Koviljka STANKOVIĆ², Luka PERAZIĆ¹, Marija LEKIĆ¹, Nataša LAZAREVIĆ¹ i Milutin JEVREMOVIĆ¹

- 1) Javno preduzeće „Nuklearni objekti Srbije”, Beograd, Srbija,
nevena.zdjelarevic@nuklearniobjekti.rs
- 2) Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

SADRŽAJ

U procesu dobijanja fosforne kiseline, tehnološkim postupkom povećava se prisustvo prirodne radioaktivnosti, stoga nekadašnji pogon za proizvodnju fosforne kiseline predstavlja takozvano „istorijsko zagađenje”, i kao takav predstavlja potencijalnu opasnost u smislu nepotrebnog izlaganja zračenju.

U okviru poslova dekontaminacije starog pogona izvršena je radiološka karakterizacija postrojenja pre, tokom i nakon postupka dekontaminacije, koja je podrazumevala uklanjanja samo nevezane kontaminacije sa svih površina i predmeta koji se nalaze u postrojenju. Radiološka karakterizacije predstavlja osnov za određivanje adekvatnog načina dekontaminacije, kao i za proveru njene efikasnosti. U radu su prikazani rezultati nivoa radioaktivne kontaminacije površina i merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze gama zračenja na 15 cm od podloge.

1. UVOD

Nekadašnji pogon za proizvodnju fosforne kiseline prestao je sa radom 1990. godine. Kako pogon predstavlja takozvano „istorijsko zagađenje”, on podleže posebnim merama zaštite od zračenja. Pre konačne dekontaminacije ovog objekta bilo je potrebno izvršiti radiološku karakterizaciju samog objekta i ukloniti svu nevezanu kontaminaciju, što je bio posao Javnog preduzeća „Nuklearni objekti Srbije”.

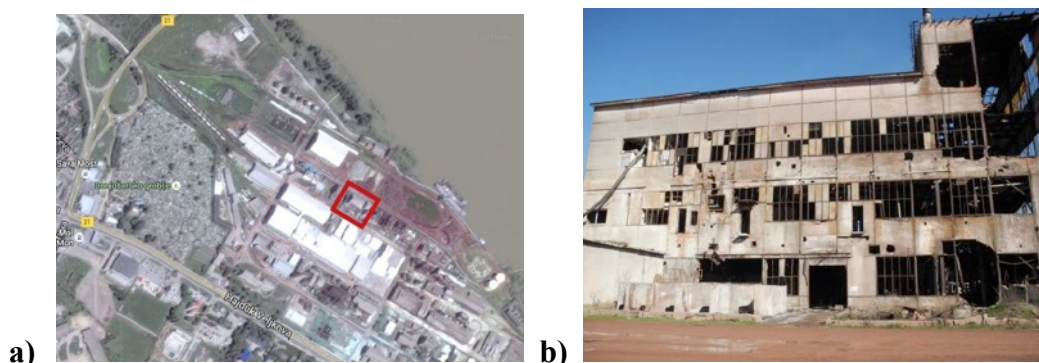
Industrijske delatnosti u kojima se kao sirovina koriste rude uranijuma i torijuma klasifikuje se kao delatnosti primene NORM materijala (eng. Naturally Occuring Radioactive Materials). Kada se tehnološkim postupcima poveća koncentracija NORM materijala dobijaju se TENORM materijali (eng. Technologically–Enhanced Naturally Occuring Radioactive Materials) i ovakvi postupci podležu regulatornoj kontroli u oblasti zaštite od zračenja i zaštiti životne sredine [1-3].

U pogonu za proizvodnju fosforne kiseline koja se nalazila u sastavu Hemisjke industrije Zorka Šabac, je na bazi DOR–Oliver postupka sa singl–reaktorskim postrojenjem, kao sirovina korišćena marokanska fosfatna ruda Kiburg–1. U tehnološkom procesu dobijanja fosforne kiseline „mokrim” dihidatnim postupkom, kao sporedni produkt, dobija se, u vidu gipsane suspenzije, nerastvoreni kalcijum sulfat, tj fosfogips. Zahvaljujući svojoj konzistentnosti, fosfogips se lako uklanja filtriranjem iz sistema cevovoda. Međutim, ako se ne vrši redovno čišćenje, u zatvorenom sistemu, dolazi do taloženja fosfogipsa u unutrašnjosti sistema cevovoda. Pošto hemijski element kalcijum i radijum grade slične hemijske veze, vezivanjem kalcijuma, istovremeno dolazi i do vezivanja alternativnog elementa, radijuma, u ovom slučaju izotopa Ra-226. Na ovaj

način stvorena je kontaminacija sistema za proizvodnju fosforne kiseline u pogonu Hemijske industrije Zorka Šabac.

Pogon za proizvodnju fosforne kiseline tokom svog rada nije bio pod regulatornom kontrolom, jer za industrijske primene NORM materijala, u to vreme, u SFR Jugoslaviji nisu postojali propisi u oblasti zaštite od zračenja. Radioaktivni materijal iz zatvorenog sistema cevovoda je u proteklih 27 godina, pre svega zbog propadanja gradivnih elemenata postrojenja sa vremenom, i narušavanja zatvorenog sistema, disperzijom dospela u pojedine delove objekata, čime je došlo do kontaminacije lokaliteta, koja sada predstavlja posledicu industrijskih delatnosti iz prošlosti, te se ovaj slučaj mora tretirati posebnim merama, odnosno interventnim merama zaštite od zračenja.

Nekadašnji pogon za proizvodnju fosforne kiseline Hemijske industrije Zorka nalazi se unutar fabričkog kompleksa „Elixir Zorka-mineralna đubriva doo Šabac”. Na slici 1 prikazan je satelitski snimak pogona i fizičko stanje objekta pogona. Kao što se vidi na slici 1b), objekat je u ruiniranom stanju, pre svega zbog propadanja gradivnih elemenata postrojenja u proteklih 27 godina.



Slika 1. a) Satelitski snimak pogona za proizvodnju fosforne kiseline Hemijske industrije Zorka, b) fizičko stanje objekta nekadašnjeg pogona

Objekat se sastoji iz tri etaže, prizemlja, prvog i drugog sprata, pri čemu postoje dve galerije, manja između prvog i drugog sprata i veća iznad drugog sprata.

2. METODE MERENJA

Preliminarna dozimetrijska merenja su vršena u februaru 2016. godine scintilacionim detektorom i spektrometrom, proizvođača Thermo Scientific, model RIIDEye M-GN od strane Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, dok su naknadna merenja ambijentalnog ekvivalenta doze i površinske kontaminacije vršena u periodu od jula–avgusta 2016. godine prenosnim uređajem, proizvođača Canberra, model Radiagem 2000 sa scintilacionom sondom SG-2R, sondama SABG-15 i SAB-100 od strane Javnog preduzeća „Nuklearni objekti Srbije”. Za merenje prenosne površinske kontaminacije korišćena je indirektna metoda merenja, korišćenjem vlažnog brisa, pri čemu je uzeto da je faktor prenosa kontaminacije na bris iznosila 10% [4], dok je za merenje vezane površinske kontaminacije korišćena direktna metoda merenja prema standardu [4,5].

Radiološka karakterizacija industrijskog objekta rađena je u dve faze: prva faza je podrazumevala radiološku pretragu merenjem jačine ambijentalnog ekvivalenta doze 15 cm od podloge na svakom spratu objekta i detektovanje eventualnih vrućih tačaka, dok je druga faza podrazumevala merenje radioaktivne kontaminacije površina. Radiološka

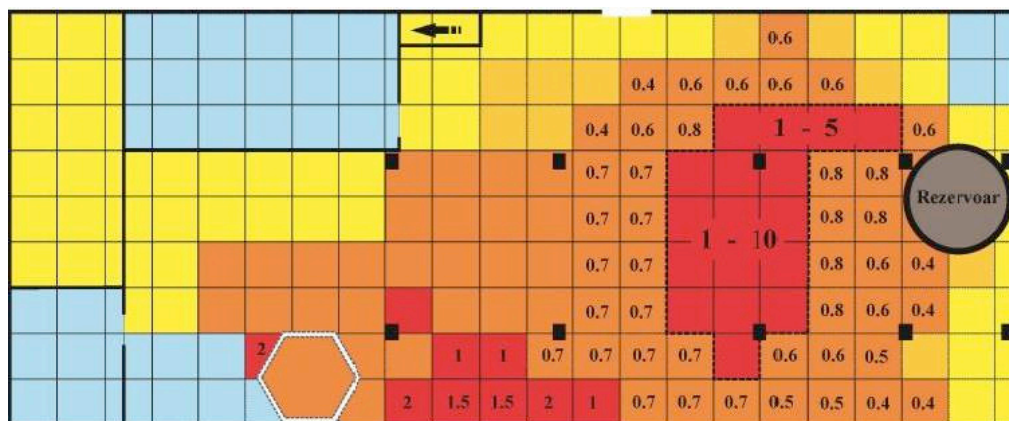
karakterizacija spratova objekta rađena je na kraju svake etape dekontaminacije kako bi se ustanovila efikasnost primenjene metode dekontaminacije i procenilo da li se treba nastaviti sa postupkom. U radu su prikazani samo rezultati preliminarne radiološke karakterizacije i krajnje radiološke karakterizacije nakon završenih svih poslova na objektu.

Minimalna detektabilna aktivnost (MDA) za merenje alfa kontaminacije iznosila je $0,012 \text{ Bq/cm}^2$, dok je za merenje beta/gama kontaminacije iznosila $0,15 \text{ Bq/cm}^2$.

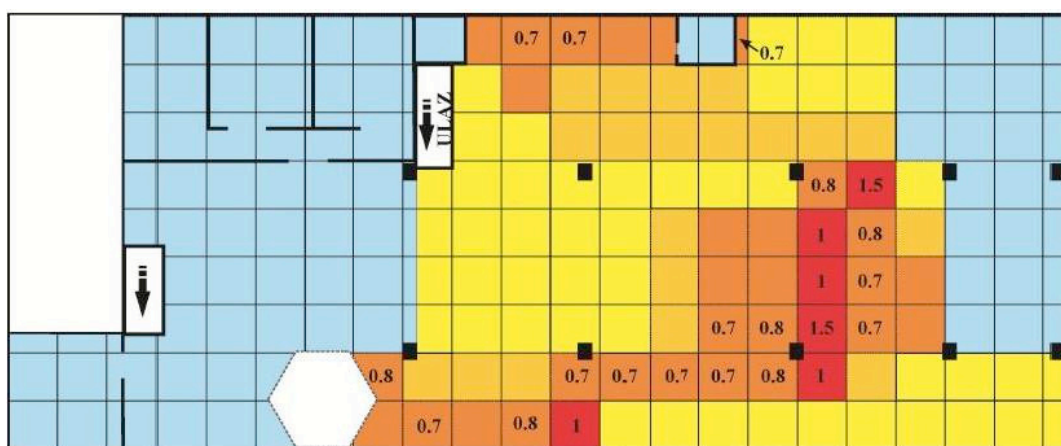
Merna nesigurnost prilikom merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze iznosila je 20%, dok je za merenje specifične površinske aktivnosti radionuklida (alfa i beta/gama) iznosila 32%, odnosno 34%. Merna nesigurnost je izražena kao kombinovana i proširena merna nesigurnost za faktor proširenja $k=2$ (95% poverenja).

3. REZULTATI

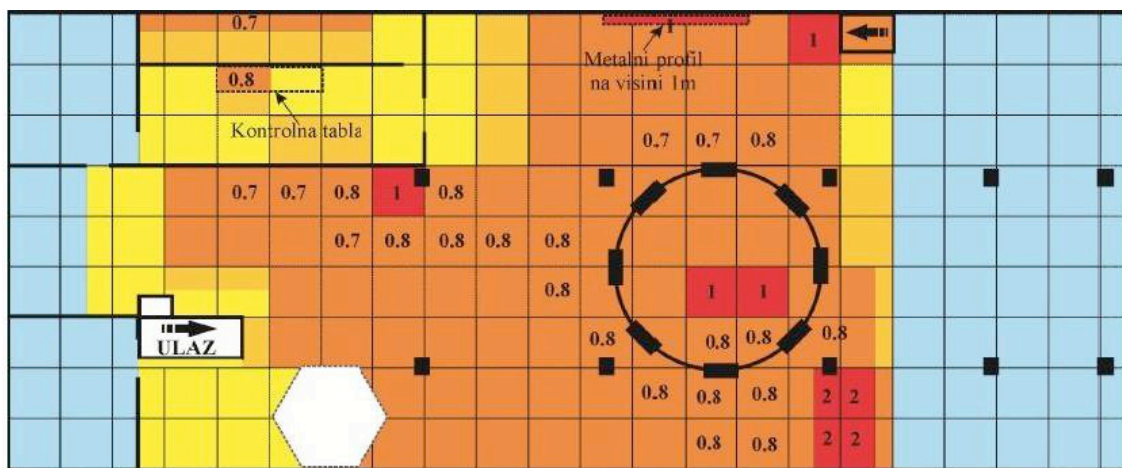
Rezultati preliminarnih dozimetrijskih merenja su prikazani na slikama 2–4. Vrednosti ambijentalnog ekvivalenta doze izraženi su u jedinicama $\mu\text{Sv/h}$. Svaka etaža je podeljena u sektore površina $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$. Na slikama od 2–4, polja obojena žutom i svetlo narandžastom bojom predstavljaju mesta na kojima je jačina ambijentalnog ekvivalenta doze bila u opsegu $(0,16\text{--}0,3) \mu\text{Sv/h}$ i $(0,3\text{--}0,4 \mu\text{Sv/h})$, respektivno.



Slika 2. Vrednost ambijentalnog ekvivalenta doze na visini od 15 cm od podloge u prizemlju objekta



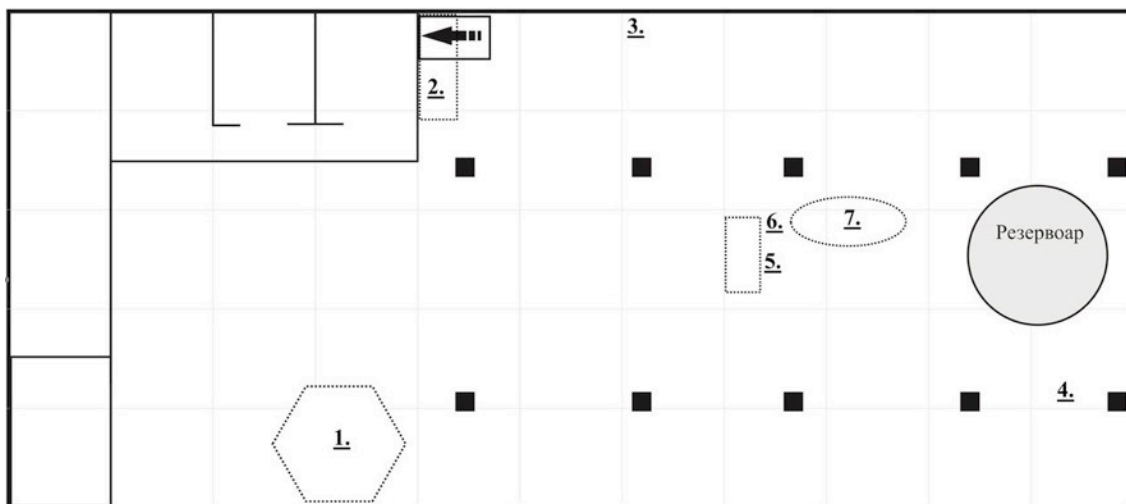
Slika 3. Vrednost ambijentalnog ekvivalenta doze na visini od 15 cm od podloge na prvom spratu objekta



Slika 4. Vrednost ambijentalnog ekvivalenta doze na visini od 15 cm od podloge na drugom spratu objekta

Kao što se može videti na slikama 2–4, na sva tri nivoa postrojenja je zabeležena jačina ambijentalnog ekvivalenta doze koja je veća od prirodne varijacije fona za tu lokaciju od $(0,16 \pm 0,03) \mu\text{Sv/h}$.

Rezultati radiološke karakterizacije objekta nakon izvršene dekontaminacije, odnosno uklanjanja nevezane kontaminacije, prikazani su na slikama 4-7 i u tabelama 1–3. Na slikama su označene lokacije na kojima je ustanovljeno prisustvo vezane površinske kontaminacije i/ili jačine ambijentalnog ekvivalenta doze iznad propisanih granica [6].



Slika 5. Prikaz prizemlja objekta sa označenim lokacijama koje imaju nivo vezane površinske kontaminacije i jačinu ambijentalnog ekvivalenta doze iznad propisanih granica [6]

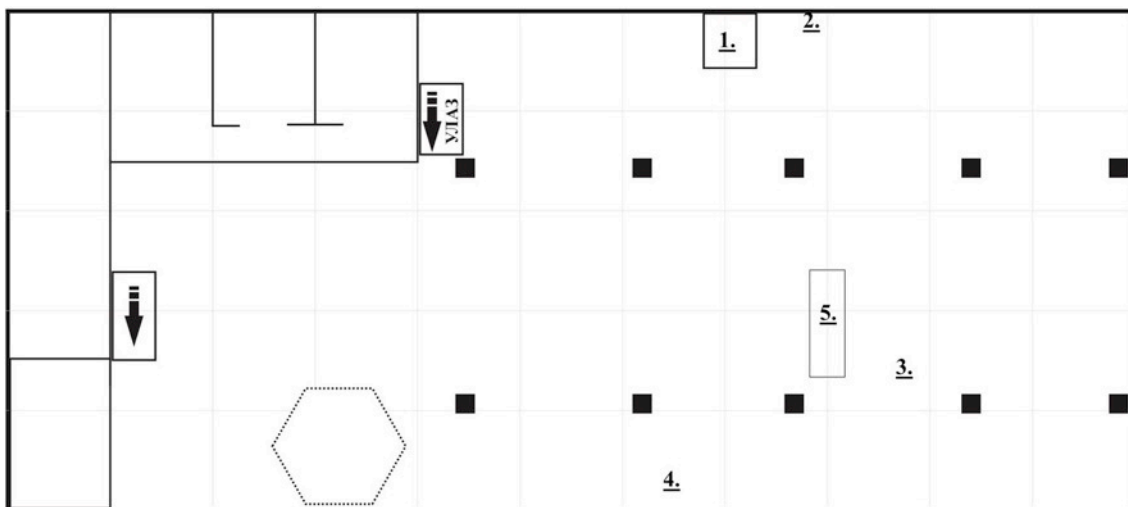
Kao što se vidi na slici 5. u prizemlju objekta ustanovljeno je 7 lokacija na kojima je radiološkom karakterizacijom utvrđena povećana jačina ambijentalnog ekvivalenta doze i/ili površinske kontaminacije. Dobijene vrednosti radiološke karakterizacije izložene su u tabeli 1.

Tabela 1. Rezultati merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze u alfa i beta/gama površinske kontaminacije (vezane) za lokacije sa slike 5

R.broj	Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze na visini 15 cm od podloge [μSv/h]	α površinska kontaminacija (vezana) [Bq/cm ²]	βγ površinska kontaminacija (vezana) [Bq/cm ²]
1.	0,9	< MDA	3,50-13,30
2.	1,0	< MDA	3,26
3.	0,8	0,14	13,95
4.*	2,6	< MDA	29,3
5.	1,2	< MDA	4,65
6.	3,5	< MDA	1,86
7.*	0,7	1,55	6,04

U okolini tačkaka br. 7 i br. 4 u prizemlju objekta ustanovljena je prenosna kontaminacija (βγ) koja iznosi 1,44 Bq/cm², odnosno 1,51 Bq/cm², respektivno. U svim ostalim tačkama u prizemlju zgrade nije ustanovljeno prisustvo prenosne kontaminacije.

Na prvom spratu objekta (slika 6) pronađeno je 5 tačaka na kojima je jačina ambijentalnog ekvivalenta doze iznad prirodnih varijacija fona i na kojima je vezana βγ površinska kontaminacija iznad propisanih granica za životnu sredinu [6].

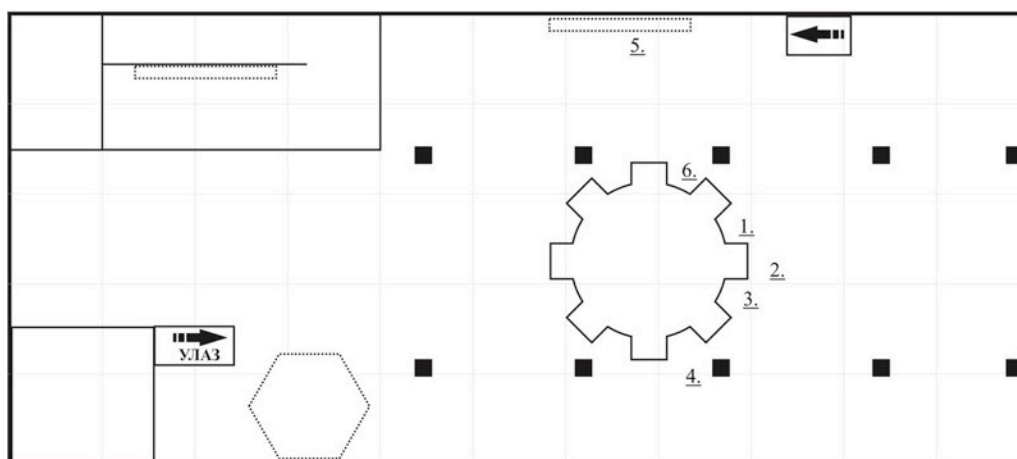


Slika 6. Prikaz prvog sprata objekta sa označenim lokacijama koje imaju nivo vezane površinske kontaminacije i jačinu ambijentalnog ekvivalenta doze iznad propisanih granica [6]

Na drugom spratu postrojenja (slika 7), ustanovljeno je prisustvo 6 lokalizovanih mesta na kojima je prisustvo površinske vezane kontaminacije beta i gama radionuklidima iznad propisanih granica za životnu sredinu [6].

Tabela 2. Rezultati merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze u alfa i beta/gama površinske kontaminacije (vezane) za lokacije sa slike 6

R.broj	Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze na visini 15 cm od podloge [$\mu\text{Sv/h}$]	α površinska kontaminacija (vezana) [Bq/cm^2]	$\beta\gamma$ površinska kontaminacija (vezana) [Bq/cm^2]
1.	0,34	< MDA	0,81
2.	0,28	< MDA	1,30
3.	0,29	< MDA	0,81
4.	0,21	< MDA	0,58
5.	0,28	< MDA	2,44



Slika 7. Prikaz drugog sprata objekta sa označenim lokacijama koje imaju nivo vezane površinske kontaminacije i jačinu ambijentalnog ekvivalenta doze iznad propisanih granica [6]

Tabela 3. Rezultati merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze u alfa i beta/gama površinske kontaminacije (vezane) za lokacije sa slike 7

R.broj	Jačina ambijentalnog ekvivalenta doze na visini 15 cm od podloge [$\mu\text{Sv/h}$]	α površinska kontaminacija (vezana) [Bq/cm^2]	$\beta\gamma$ površinska kontaminacija (vezana) [Bq/cm^2]
1.	1,4	< MDA	4,65
2.	0,6	< MDA	2,32
3.	0,6	< MDA	4,65
4.	0,5	< MDA	9,30
5.	1,0	< MDA	1,07
6.	0,4	< MDA	1,86

4. ZAKLJUČAK

U radu su prikazani rezultati radiološke karakterizacije nekadašnjeg pogona za proizvodnju fosforne kiseline „Elixir Zorka-mineralna đubriva doo Šabac” koja je vršena u okviru poslova dekontaminacije ovog pogona. Prikazani su rezultati merenja jačine ambijentalnog ekvivalenta doze na 15 cm od podloge za sva tri sprata postrojenja, kao i nivoi radioaktivne kontaminacije površina. Rezultati pokazuju značajno smanjenje ovih vrednosti u odnosu na prvobitno, zatečeno stanje. Uvećane vrednosti površinske kontaminacije, rezultat je vezane kontaminacije nastale kao posledica industrijskih delatnosti iz prošlosti.

5. LITERATURA

- [1] Radiation Protection and Management of NORM residues in the phosphate industry, Safety Report Series No. 78, IAEA, Vienna, 2013.
- [2] Remediation of sites with dispersed radioactive contamination, Technical Reports Series No. 424, IAEA, Vienna, 2004.
- [3] The environmental behaviour of radium: revised edition, Technical Reports Series No. 476, IAEA, Vienna, 2014.
- [4] Measurement of radioactivity—Measurement and evaluation of surface contamination—Part 2: Test method using wipe-test samples, ISO 7503-2:2016
- [5] Measurement of radioactivity—Measurement and evaluation of surface contamination—Part 1: General principles, ISO 7503-1:2016
- [6] Pravilnik o granicama radioaktivne kontaminacije lica, radne i životne sredine i načinu sprovođenja dekontaminacije, Sl. Glasnik br. 38/11, 2011.

**RADIOLOGICAL SURVEY OF INDUSTRIAL BUILDING—A
FORMER FACILITY FOR THE PRODUCTION OF PHOSPHORIC
ACID,,ELIXIR ZORKA-MINERALNA ĐUBRIVA DOO ŠABAC”**

**Nevena ZDJELAREVIĆ¹, Koviljka STANKOVIĆ², Luka PERAZIĆ¹, Marija
LEKIĆ¹, Nataša LAZAREVIĆ¹ i Milutin JEVREMOVIĆ¹**

1) *Public Company „Nuclear Facilities of Serbia”, Belgrade, Serbia,
nevena.zdjelarevic@nuklearniobjekti.rs*

2) *University of Belgrade, School of Electrical Engineering, Belgrade, Serbia*

ABSTRACT

In the process of the production of phosphoric acid, a technological process increases the presence of natural radioactivity, therefore, the former plant for the production of phosphoric acid, presents the so-called "historical pollution", and as such represents a potential threat in terms of unnecessary exposure to radiation.

In the framework of the decontamination of the old plant, radiological characterization of the plant was carried out before, during and after the decontamination process, which involved the removal of a non-fixed contamination on all surfaces and objects that have been found in the plant. Radiological characterization present the good base for determining of adequate ways of decontamination, as well as to verify its effectiveness. The paper presents the results of the level of radioactive contamination of the surface and measurements of the intensity of ambient dose equivalent at 15 cm from the surfaces.