

Jasmina Bandić, dipl. ing. hemije,  
Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu

dr sc Emira Zovko  
Prirodno-matematički fakultet Univerziteta u Sarajevu

UDK 546.791+520.84:623.4

## **Mogućnost detekcije municije osiromašenog urana na terenu**

### **Sažetak**

Cilj ovog rada je određivanje granične vrijednosti raznih materijala u prirodi (zrak, zemlja-crnica, voda, zemlja-ilovača, pijesak) koje priječe mogućnost otkrivanja uranskog zrna (projektila), ili osiromašenog uranskog materijala,  $\gamma$ -spektrometrijskom metodom.

**Ključne riječi:** osiromašeni uran, uransko zrno, granična vrijednost detekcije.

### **Uvod**

Tokom agresije na BiH, upotrebljavala se radioaktivna municija u NATO-udarima, 1994. i 1995. godine. Program za okolinu, Ujedinjenih nacija (UNEP), u svom izvještaju iz 2003. godine, potvrdio je prisustvo povećane radijacije na lokalitetima koji su bili meta udara. U svom istraživanju, tim UNEP je posjetio 14 lokacija za koje se sumnjalo da su kontaminirane osiromašenim uranom i nesumnjivo je dokazana kontaminacija tri lokaliteta, među kojim je i nekadašnji objekat za popravku tenkova i skladište municije u Hadžićima.

Razni vladini i SFOR timovi, u nekoliko akcija, uklanjali su radioaktivna zrna s tih lokaliteta, ali s obzirom da se broj ispaljenih takvih zrna mjeri hiljadama, broj pronađenih zrna je relativno mali.

U tom izvještaju je također konstatirano da nije istraženo šest lokacija gađanih osiromašenim uranom, za koje nisu dostupne koordinate, a koje se nalaze u okolini Sarajeva.

Jedno od pronađenih zrna s područja Hadžića, kalibra 33 mm, poslužilo nam je za određivanje granične vrijednosti detekcije uranskog zrna u zraku, zemljištu, vodi i pijesku, u cilju zaštite životne okoline, a oslanjajući se na UNEP-ov izvještaj u kome stoji da u zemljištu na dubini 40 cm nije moguće detektorom otkriti uransko zrno.

### **Provjera ispravnosti i stabilnosti mjernog uređaja**

Da bismo pristupili mjerenjima uranskog zrna, prethodno smo izvršili kalibriranje scintilacionog  $\gamma$ -spektrometra.

### **Energetsko baždarenje**

Energetsko baždarenje je izvedeno na 200-kanalnom spektrometru s NaJ(Tl) kristalom, dimenzija 3 x 1,5 in, model Packard, 930 spectrazoom. Kalibracija je izvedena pomoću nekoliko standardnih gama emitera, koji imaju jednu ili više gama energija poznate vrijednosti.

Korišteni su slijedeći gama-standardi:

The Radiochemical centre Amersham, England, a dati su u Tabeli 1.

**Tabela 1. Gama standardi.**

<i>Radiaktivni izotop</i>	<i>Vrijeme poluraspada</i>	<i>Energija gama-zraka (KeV)</i>
Am – 241	458 g	$E_{\gamma} = 30$
		$E_{\gamma} = 60$
Cs – 137	33 g	$E_{\gamma} = 661$
Co – 60	5,26	$E_{\gamma} = 1172,8$
		$E_{\gamma} = 1332,5$

Standardi su stavljeni u kućište scintilacionog spektrometra. Mjerenja su vršena sukcesivno, pod ovim uslovima:

V.N. = 1050 V; imp (+); vrijeme mjerenja 60 sec; 200-kanalna analiza.

Energetski opseg se kretao od 20-1300 KeV-a. Na osnovu izmjerenih rezultata, nacrtani su spektri gama-zračenja za pojedine izvore na jednom grafiku, i to:

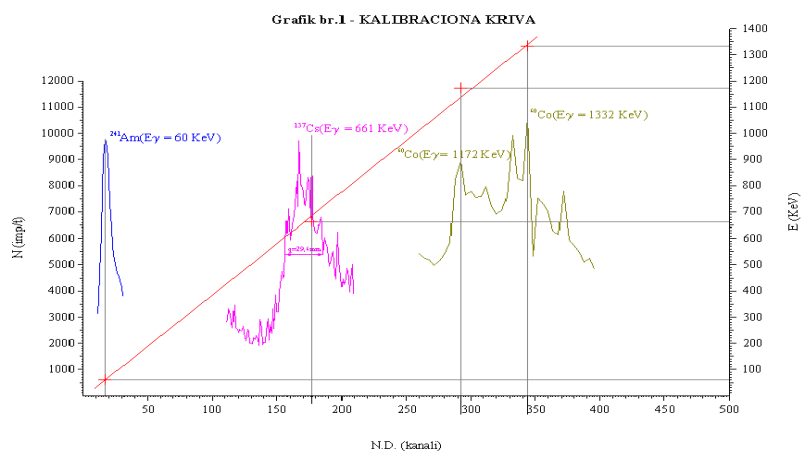
$A \text{ (imp/t)} = f(N, D)$ , gdje je:

A – aktivitet u imp/t

N.D. – nivo diskriminacije

(kanali)

Grafik broj 1:



### Provjera linearnosti scintilacionog gama spektrometra

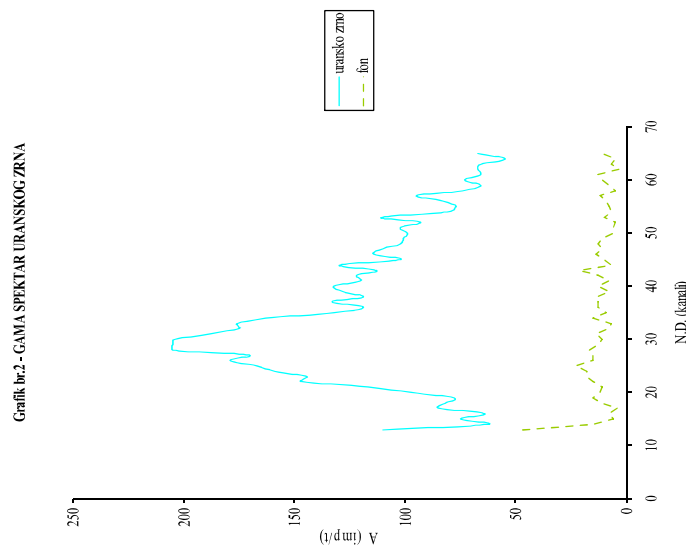
S desne strane Grafika 1. data je energetska raspodjela. Konstruirana je simetrala za svaki vrh karakteristične gama-energije navedenih radionuklida i na njima, u datoj razmjeri, označene tačke koje odgovaraju vrijednostima njihovih energija gama-zračenja.

Na taj način je konstruirana kalibraciona linija spektrometra, iz koje se zaključuje da je „Packard spectrazoom“ visokog stepena linearnosti u posmatranim energetskim oblastima od 20 -1300 KeV.

### $\gamma$ -Spektar uranskog zrna

Mjerenja smo vršili tako da smo prvo izmjerili osnovnu aktivnost (fon), u trajanju od 60 sekundi, a zatim smo mjerili pripremljeno uransko zrno, također u trajanju 60 sekundi.

Prikaz rezultata, Grafik 2:



### Identifikacija osiromašenog urana pomoću kalibracione krive

Identifikacija se vrši na osnovu kalibracione krive, koju smo prenijeli s Grafika 1. na Grafik 3 (radi preglednosti). S krive smo direktno očitali energiju  $\gamma$ -zračenja za osiromašeni uran (uransko zrno), koja iznosi 103 KeV.

U literaturi, podatak za  $\gamma$ - energiju U-235 iznosi:

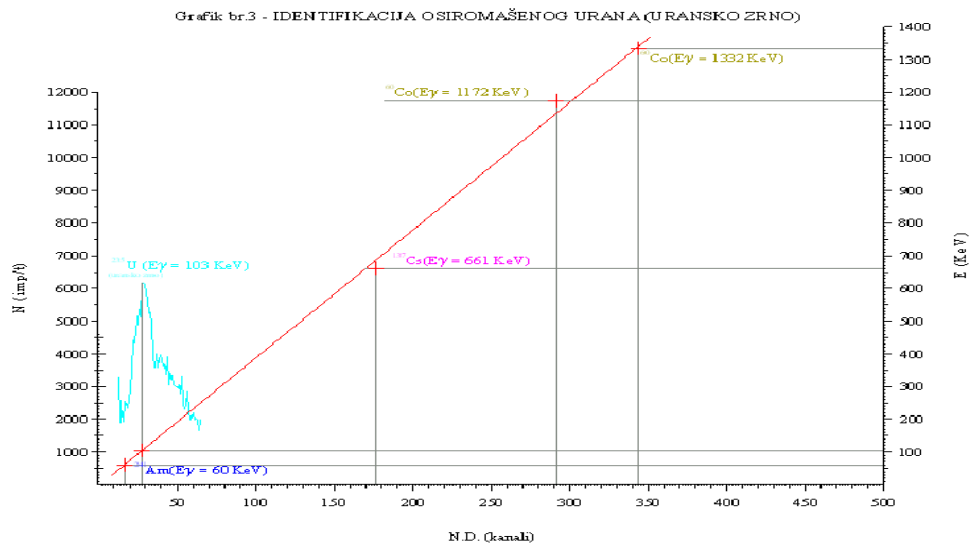
$$E_{\gamma_1 \text{ U-235}} = 94 \text{ KeV}$$

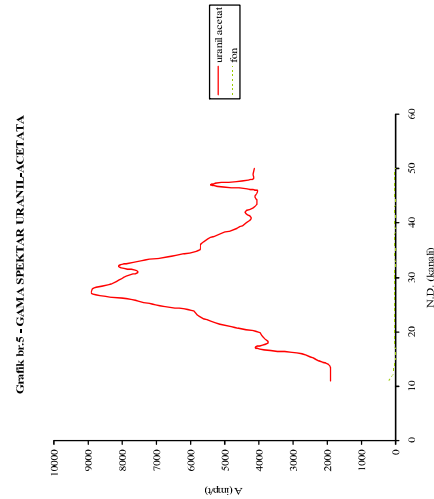
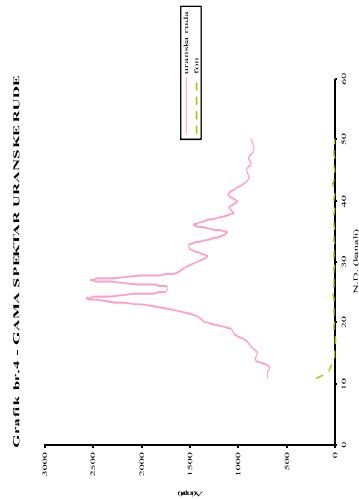
$$E_{\gamma_2 \text{ U-235}} = 143 \text{ KeV}$$

$$E_{\gamma_3 \text{ U-235}} = 184 \text{ KeV}$$

To nam potvrđuje visok stepen linearnosti uređaja na kojem smo vršili mjerenja, a također i prisustvo izotopa U-235 u uranskom zrnu.

Grafik 3:





### Spektar uranske rude i $\gamma$ -Spektar uranil-acetata

Mjerenja za pripremljen uzorak soli  $\text{UO}_2(\text{CH}_3\text{COO})_2$  i uransku rudu izveli smo na isti način kao i kod uranskog zrna, u trajanju 60 sekundi, a prije mjerenja smo snimili osnovnu aktivnost (fon). Grafički prikaz rezultata, Grafik 4. i Grafik 5.

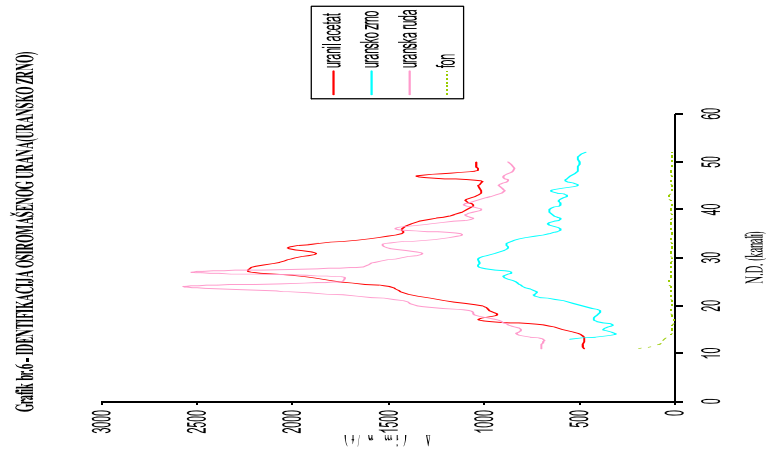
### Identifikacija osiromašenog urana pomoću spektara uranske rude i uranil-acetata

Gama-spektrometrijom ne može se jednoznačno tvrditi da je otkriveno zračenje uranskog tipa, zbog toga što i mnogi drugi radionuklidi mogu imati karakteristično zračenje u oblasti niskih energija  $\gamma$ -zračenja. Zato smo (radi sigurnosti) potvrdili identifikaciju.

Identifikacija se vrši na osnovu  $\gamma$ -spektara uranske rude, uranil-acetata, uranskog zrna koje smo prenijeli sa Grafika 2, 4. i 5. na Grafik 6 (radi preglednosti).

Iz Grafika 6. jasno se vidi da su dominantne  $\gamma$ -energije za osiromašeni uran (uransko zrno) vrlo bliske s uranom iz uranil-acetata i uranom iz uranske rude.

Grafik 6. još jednom potvrđuje visok stepen linearnosti uređaja na kojem su vršena mjerenja, a također potvrđuje prisustvo izotopa U-235 u uranskom zrnu.

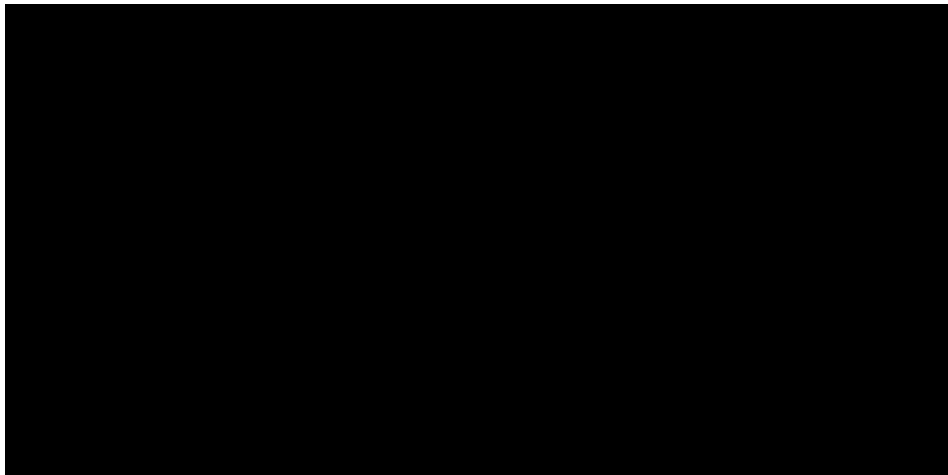


### Određivanje aktivnosti (apsorpcije $\gamma$ -zraka) uranskog zrna pri različitim debljinama apsorbera

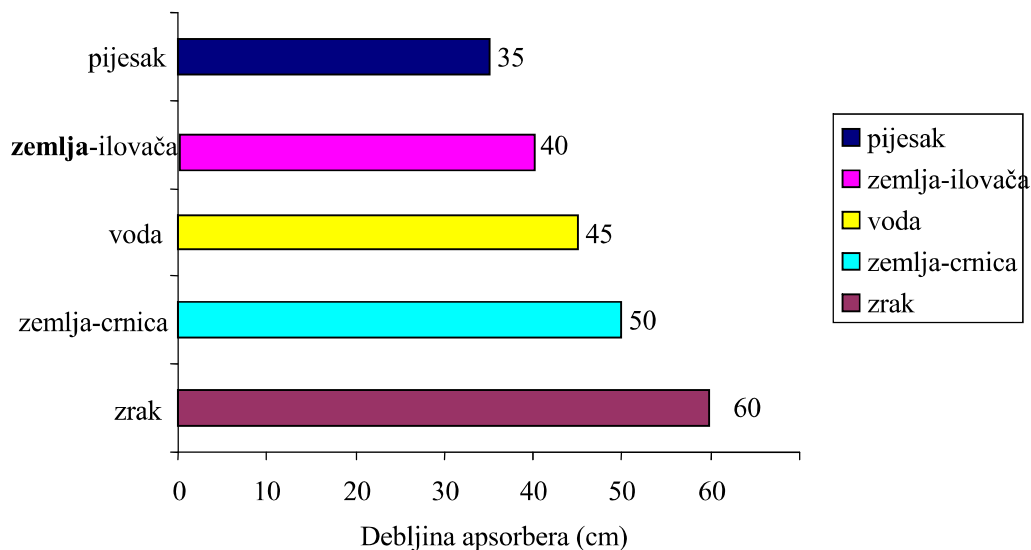
Apsorpciju  $\gamma$ -zračenja (aktivnost) uranskog zrna proučavali smo na taj način što smo radioaktivni izvor (uransko zrno) postavili blizu tankog zida MC-PHAR detektora (brojača) i zatim odredili broj impulsa po minuti pri različitoj debljini medija (materijala) koji vrši apsorpciju, a koji smo stavljali između izvora i brojača.

Mjerenja smo izveli za slijedeće medije (materijale): zrak, zemlja (crnica i ilovača), voda i pijesak. Rezultati za navedene medije su dati Grafcima 7. i 8.

### Sumarni pregled rezultata



**Grafik br. 8 - Maksimalan domet  $\gamma$ -zraka u zraku, zemlji-crnci, vodi, zemlji-ilovači i pijesku**



### Zaključak

1. U BiH je upotrebljeno oko 5000 komada municije s osiromašenim uranom. Mnogi projektili, vjerovatno, nisu ni došli do svog cilja, te su izgubljeni, prodirući u zemljište različite dubine.
2. Ako se uransko zrno nalazi na površini zemlje, na udaljenosti 60 cm, nije ga moguće detektorom otkriti.
3. U zemlji-crnci, ako je uransko zrno prodrlo u dubinu 50 cm, nije ga uopće moguće detektorom otkriti.
4. Ako je uransko zrno prodrlo u vodenu dubinu 45 cm, nije ga uopće moguće detektorom otkriti.
5. Ako je uransko zrno prodrlo u dubinu 40 cm zemlje-ilovače, nije ga uopće moguće detektorom otkriti.

6. Ako je uransko zrno prodrlo u dubinu pijeska 35 cm, nije ga uopće moguće detektorom otkriti.
7. U navedenim medijima, domet  $\gamma$ -zraka uranskog zrna je različit, što se objašnjava razlikom u gustoći između medija.
8. Na osnovu obavljenih mjerenja, može se zaključiti da je sigurnosna distanca za rad i uklanjanje uranskih zrna oko 60 cm.
9. Potvrdili smo izvještaj UNEP-a ( „Depleted Uranium in Bosnia and Herzegovina“, Post-Conflict Environmental Assessment, 2003) u kojem stoji da u zemljištu na dubini 40 cm nije moguće detektorom otkriti uransko zrno.

### Literatura

1. *Depleted Uranium in Bosnia and Herzegovina* (Post-Conflict Environmental Assessment), UNEP, 2003.
2. Draganić, I: *Radioaktivni izotopi i zračenja I*, Beograd, 1968.
3. Draganić, I: *Radioaktivni izotopi i zračenja II*, Beograd, 1968.
4. Friendlander, G, Kennedy, J. W: *Nuklearna i radihemija*. Beograd, 1962.
5. Ivanović, D, Vučić V: *Atomska i nuklearna fizika*. Beograd, 1976.
6. Milojević, A, Urošević V, Kurepa: *Radiaktivni izotopi u industriji*. Beograd, 1961.
7. Petrović, B, Mitrović R: *Radijaciona higijena u biotehnologiji*. Beograd, 1991.
8. Sarač, L: *Veterinarska radiobiologija sa radijacionom higijenom*. Sarajevo, 1999.
9. Zovko, E, Pujić, Z: *Radioaktivnost u prirodi. Uran i osiromašeni uran*. Sarajevo, 2003.
10. Zovko, E: *Raščinjavanje neutronsko aktiviranih sulfidnih ruda i koncentrata rudosnih dolomita – doktorska disertacija*. Sarajevo, 1
- 11.

