



MD

10. MEMORIJALNI NAUČNI SKUP IZ ZAŠTITE ŽIVOTNE SREDINE  
„**DOCENT DR MILENA DALMACIJA**“  
30. - 31.03.2023.

**KNJIGA RADOVA**



# Organizatori



Univerzitet u Novom Sadu

Prirodno-matematički fakultet



Departman za hemiju, biohemiju i zaštitu  
životne sredine

Департман за  
ХЕМИЈУ, БИОХЕМИЈУ И  
ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ

Fondacija "Docent dr Milena Dalmacija"





**KNJIGA RADOVA**

**IZDAVAČ  
GLAVNI UREDNIK**

**10. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine  
„Docent dr Milena Dalmacija“  
Prirodno-matematički fakultet, UNS  
dr Đurđa Kerkez, dr Dunja Rađenović,  
dr Dragana Tomašević Pilipović**

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Biblioteke Matice srpske, Novi Sad

502.17(082)

МЕМОРИЈАЛНИ научни skup из заштите животне средине "Доцент др Милена Далмација" (10 ; 2023 ; Нови Сад)

Knjiga radova [Elektronski izvor] / 10. Memorijalni naučni skup iz zaštite životne sredine "Docent dr Milena Dalmacija", 30. - 31.03.2023, Novi Sad ; [glavni urednik Đurđa Kerkez, Dunja Rađenović, Dragana Tomašević Pilipović]. - Novi Sad : Prirodno-matematički fakultet, 2023. - 1 elektronski optički disk (CD ROM) ; 12 cm

Nasl. sa naslovnog ekrana. - Tiraž 100. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7031-623-2

а) Животна средина -- Заштита -- Зборници

COBISS.SR-ID 112515593



## Naučni odbor:

- dr Miladin Gligorić, redovni profesor u penziji, Tehnološki fakultet Zvornik, Univerzitet u Istočnom Sarajevu
- dr Olga Petrović, redovna profesorka PMF u penziji, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Jasmina Agbaba, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Srđan Rončević, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dragan Radnović, redovni profesor, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dušan Mrđa, redovni profesor PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Milena Bečelić-Tomin, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Miljana Prica, redovna profesorka, FTN, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Snežana Maletić, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dejan Krčmar, redovni profesor PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Aleksandra Tubić, redovna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu

## Organizacioni odbor:

- dr Đurđa Kerkez, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dragana Tomašević Pilipović, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Anita Leovac Mačerak, docentkinja, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Jelena Beljin, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Marijana Kragulj Isakovski, vanredna profesorka, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Vesna Pešić, docentkinja, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Dunja Rađenović, naučna saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- dr Aleksandra Kulić Mandić, istraživač-saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- MSc Marija Maletin, istraživač-saradnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- MSc Tijana Marijanović, istraživač-pripravnica, PMF, Univerzitet u Novom Sadu
- Nada Popsavin, stručna saradnica za odnose sa javnošću, PMF, Univerzitet u Novom Sadu



# Sadržaj



## Sekcija: Održivi razvoj (OR)

**OR-1.** Biljana Basarin, Igor Leščešen, Miroslav Vujičić, Dušanka Cvijanović, Snežana Radulović: *Linking for excellence, building competencies, and supporting climate change resilience and mitigation – ExtremeClimTwin, GreenSCENT and Restore4Life*

**OR-2.** Sandra Stamenković Stojanović: *Formulisanje i optimizacija mikrobiološkog preparata sa fitostimulativnim i biopesticidnim dejstvom*

**OR-3.** Dušan Rakić, Zita Šereš, Igor Antić, Maja Buljovčić, Jelena Živančev, Nataša Đurišić-Mladenović: *Mikroplastika i nanoplastika u životnoj sredini i metode njihove karakterizacije*

**OR-4.** Milan Bićanin: *Ekološko - tipološka pripadnost veštački podignutih sastojina crnog bora i američkog jasena u „Lipovačkoj šumi“ i ocena ekološke funkcionalnosti*

**OR-5.** Dragan Z. Troter, Dušica R. Đokić-Stojanović, Aleksandra B. Cvejić, Tatjana R. Veličković, Zoran B. Todorović, Olivera S. Stamenković, Vlada B. Veljković: *Ekološki-prihvatljiva katalitička kombinacija CaO/trietanolamin u sintezi etil-estara masnih kiselina iz otpadnih ulja suncokreta*

**OR-6.** Nataša B. Sarap, Jelena D. Krneta Nikolić, Milica M. Rajačić, Ivana S. Vukanac, Marija M. Janković, Goran Češljari, Ilija Đorđević: *Procena radioekološke situacije u životnoj sredini Mokre Gore*

## Sekcija: Voda (V)

**V-1.** Milica Svetozarević, Nataša Šekuljica, Ana Dajić, Marina Mihajlović, Zorica Knežević-Jugović, Dušan Mijin: *Continuous flow for degradation of dyes. Value added utilization of potato peel*

**V-2.** Aleksandar Jovanović, Mladen Bugarčić, Nataša Knežević, Miroslav Sokić, Vladimir Pavićević, Aleksandar Marinković: *Prečišćavanje otpadnih voda primenom MBBR Sistema*

**V-3.** Jelena Šurlan, Nikola Maravić, Zita Šereš, Nataša Đurišić-Mladenović, Biljana Pajin, Dragana Šoronja-Simović: *Uklanjanje ibuprofena, diklofenaka i karbamazepina iz otpadnih voda primenom nanofiltracije*

**V-4.** Katarina Tošić, Sara Mijaković, Sanja Milošević Govedarović, Ana Vujačić Nikezić, Anđela Mitrović Rajić, Jasmina Grbović Novaković, Bojana Paskaš Mamula: *Prirodna ruda pirofilit kao potencijalni materijal za prečišćavanje otpadnih voda*

**V-5.** Anđela Mitrović Rajić, Katarina Tošić, Sara Mijaković, Sanja Milošević Govedarović, Ana Vujačić Nikezić, Bojana Paskaš Mamula, Jasmina Grbović Novaković: *Detekcija fungicida karbendazima u vodi primenom elektrode od ugljenične paste modifikovane pirofilitom*

**V-6.** Petar Vojnović: *Hidrogeološke karakteristike područja Cerničkog polja (Istočna Hercegovina) sa posebnim osvrtom na rizik od zagađenja podzemnih vodnih resursa*

**V-7.** Marija Janković, Nataša Sarap, Vojislav Stanić, Jelena Krneta Nikolić, Milica Rajačić, Ivana Vukanac, Marija Šljivić-Ivanović: *Kontrola kvaliteta gasnog proporcionalnog brojača - radioaktivnost u vodama*

**V-8.** Aleksandra Adamović, Mirjana Petronijević, Sanja Panić, Dragan Cvetković: *Primena biougla kao adsorbenta za uklanjanje industrijskih boja iz otpadne vode*

**V-9.** Senka Ždero, Milica Ilić, Bojan Srđević, Zorica Srđević: *Analiza uticaja različitih strategija alokacije vodnih resursa na kvalitet pružanja ekosistemskih usluga*

## Sekcija: Vazduh (Va)

**Va-1.** Filip Arnaut, Vesna Cvetkov, Dragana Đurić: *Prognoziranje iznadprosečnih vrednosti kvaliteta vazduha u Novom Sadu korišćenjem Random Forest modela*

**Va-2.** Radmila Lišanin, Čedo Lalović: *Modelovanje atmosferske disperzije mikropolutanata*

## **Sekcija: Sediment (S)**

**S-1.** Miloš Dubovina, Dejan Krčmar, Božo Dalmacija, Đurđa Kerkez, Jasmina Nikić, Nataša Dudaković, Jasmina Agbaba: *Procena rizika tokom izmuljivanja i deponovanja sedimenta u AP Vojvodini*

**S-2.** Nina Đukanović, Jelena Beljin, Tijana Zeremski, Jelena Tričković, Srđan Rončević, Nadežda Stojanov, Snežana Maletić: *Ispitivanje potencijala biljaka za fitoremedijaciju zagađenog sedimenta*

**S-3.** Dunja Rađenović, Nataša Slijepčević, Jelena Beljin, Slaven Tenodi, Dejan Krčmar, Đorđe Pejcin, Dragana Tomašević Pilipović: *Procena rizika sedimenta iz Kanala Begej zagađenog teškim metalima*

## **Sekcija: Upravljanje otpadom (UO)**

**UO-1.** Tatjana Dujković, Ivana Pajčin, Vanja Vlajkov, Marta Loc, Mila Grahovac, Jovana Grahovac: *Rafinat iz proizvodnje šećera kao osnova medijuma za proizvodnju biokontrolnih agenasa na bazi *Bacillus velezensis**

**UO-2.** Ida Zahović, Jelena Dodić, Zorana Trivunović: *Karakterizacija otpadnog glicerola iz proizvodnje biodizela*

## **Sekcija: Zemljište (Z)**

**Z-1.** Marina Vukin, Radomir Mandić, Goran Knežević, Mladen Antić: *Istraživanje edafskih karakteristika pošumljenih površina u cilju tipološke klasifikacije staništa i ocene stanja životne sredine kompleksa 'Stepin lug' – Beograd*



## KONTROLA KVALITETA GASNOG PROPORCIONALNOG BROJAČA – RADIOAKTIVNOST U VODAMA

Marija Janković, Nataša Sarap, Vojislav Stanić, Jelena Krneta Nikolić, Milica Rajačić, Ivana Vukanac, Marija Šljivić-Ivanović

*Univerzitet u Beogradu, Institut za nuklearne nauke Vinča, Institut od nacionalnog značaja za Republiku Srbiju, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Mike Petrovića  
Alasa 12-14, 11001 Beograd, marijam@vin.bg.ac.rs*

### Izvod

Gasni proporcionalni brojač koristi se za određivanje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u različitim matriksima kao i za određivanje aktivnosti antropogenog radionuklida  $^{90}\text{Sr}$  koji je čist beta emiter. Ovaj rad predstavlja pregled kontrole kvaliteta gasnog proporcionalnog brojača Thermo-Eberline FHT 770T i određivanja efikasnosti, koja se sprovodi sa sertifikovanim standardima  $^{241}\text{Am}$  i  $^{90}\text{Sr}$ . Brojač ima mogućnost simultanog merenja na 6 detektora i određivanja aktivnosti reda mBq. U radu su prikazani i rezultati sprovedene eksterne kontrole kvaliteta učešćem u interkomparativnom merenju  $^{90}\text{Sr}$ , ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u uzorcima vode, organizovanom od strane Međunarodne Agencije za Atomsku Energiju tokom 2022. godine.

**Ključne reči:** gasni proporcionalni brojač, ukupna alfa ukupna beta aktivnost,  $^{90}\text{Sr}$ .

### Uvod

Za određivanje aktivnosti prirodnih i antropogenih radionuklida u uzorcima iz životne sredine koriste se različite tehnike. Proporcionalni brojači mogu se koristiti za određivanje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti kao i za određivanje aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  - čistog beta emitera. Kako proporcionalni brojač sadrži više detektora na kojima je moguće simultano merenje, sistem sa više brojača (*multi counter system*) pogodan je u slučaju akcidenta i brzog dobijanja informacija o eventualnoj kontaminaciji. Prilikom određivanja ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u različitim matriksima na gasnom proporcionalnom brojaču koriste se različite metode za vode [1-3], za uzorke sedimenta, zemljišta, prehrambenih proizvoda [4], dok se za analizu  $^{90}\text{Sr}$  koristi validovana radiohemijska metoda [5]. Određivanje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u uzorcima predstavlja skrining metodu. Ukupna alfa aktivnost potiče od alfa emitera iz uranijumove i torijumove serije ( $^{230}\text{Th}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ), dok ukupna beta aktivnost pored radionuklida iz niza uranijuma, torijuma i aktinijuma najčešće potiče od prirodnog radioizotopa  $^{40}\text{K}$  i eventualno antropogenih radioizotopa  $^{90}\text{Sr}$  i  $^{137}\text{Cs}$  koji su prisutni u životnoj sredini kao posledica nuklearnih proba i akcidenta u Černobilju [5,6]. U cilju određivanja aktivnosti na gasnom proporcionalnom brojaču neophodno je optimizovati uslove merenja, a jedan od glavnih zadataka je određivanje efikasnosti. Na osnovu unapred utvrđenog plana kontrole kvaliteta, sprovodi se interna provera stabilnosti detektora dok je eksterna kontrola obezbeđena učestvovanjem u interkomparacijskim merenjima.



Ovaj rad prikazuje kontrolu kvaliteta na gasnom proporcionalnom brojaču Thermo-Eberline FHT 770T u cilju određivanja ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti i aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u različitim matriksima, dok su takođe prikazani i rezultati dobijeni u okviru interkomparacije za uzorke voda.

## Eksperimentalni deo

Gasni proporcionalni brojač Thermo-Eberline FHT 770T sastoji se od 6 detektora. Sistem sadrži 3 horizontalna klizača svaki sa po dve merne pozicije prečnika 60 mm i maksimalne dubine od 8 mm. Omogućeno je simultano merenje na svih 6 detektora ili mogućnost prekida na jednom klizaču dok na druga 2 klizača merenje može biti nastavljeno. Moguće je i podešavanje merenja samo u jednom modu - alfa ili beta ili simultano merenje alfa/beta. Detektori imaju olovnu zaštitu u cilju redukcije pozadinskog zračenja. Za ispiranje radne zapremine detektora koristi se gasna smeša  $\text{Ar}/\text{CH}_4$  u odnosu 90%/10%. Efikasnost svih detektora određuje se sertifikovanim standardima  $^{241}\text{Am}$  and  $^{90}\text{Sr}$  (9031-OL-334/11 i 9031-OL-335/11, Czech Metrology Institute), koji imaju sledljivost do BIPM. Kontrola kvaliteta gasnog proporcionalnog brojača Thermo-Eberline FHT 770T radi se sa navedenim standardima.

Prilikom određivanja ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti u uzorcima voda koristi se metoda [1] koja podrazumeva uparavanje određene zapremine vode i mineralizaciju na 450 °C. Nakon mineralizacije, određena količina uzorka se kvantitativno prenosi u Al planšetu. U slučaju uzoraka iz interkomparacije gde može da se očekuje veća aktivnost uzorci se mogu uparavati direktno u Al planšeti pod IC lampom. Priprema uzoraka za određivanje  $^{90}\text{Sr}$  podrazumeva radiohemijsku pripremu korišćenjem validovane metode [5] i merenje beta zračenja nakon uspostavljanja radioaktivne ravnoteže između  $^{90}\text{Sr}$  i  $^{90}\text{Y}$ .

## Rezultati i diskusija

U skladu sa planom kontrole kvaliteta na gasnom proporcionalnom brojaču ona se sprovodi jednom nedeljno korišćenjem sertifikovanih standarda  $^{241}\text{Am}$  i  $^{90}\text{Sr}$ . Pre merenja standarda meri se fon (korišćenjem praznih planšeta) na svakom od detektora u trajanju od 3600 s. Standardi se mere 600 s. Na slikama 1 i 2 prikazane su kontrolne karte efikasnosti za detekciju alfa i beta zračenja na jednom od detektora za jedan kvartal. Efikasnost brojača određuje se na osnovu sledeće jednačine:

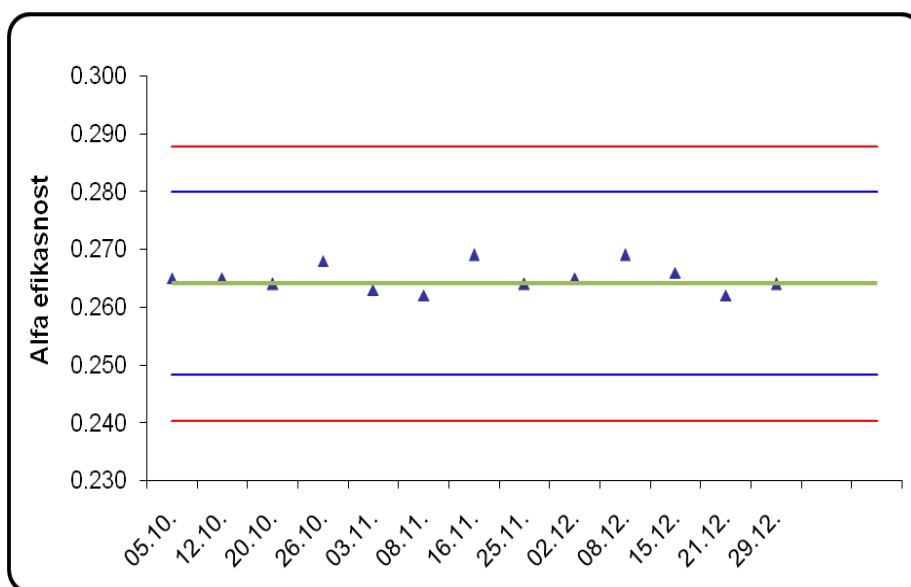
$$\varepsilon = \frac{N - B}{A} \quad (1)$$

gde je  $N$  odbroj za mereni standard (1/s);  $B$  je odbroj osnovnog zračenja - fona (1/s);  $A$  je aktivnost alfa ili beta standarda (Bq) u trenutku merenja.

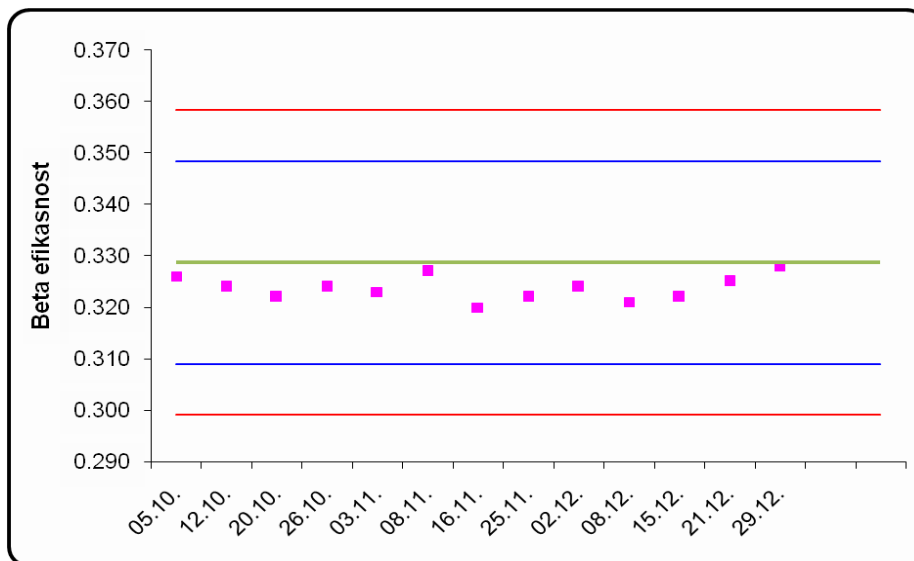
Merna nesigurnost određivanja efikasnosti data je sledećom jednačinom:

$$\frac{\Delta\varepsilon}{\varepsilon} = \frac{(\Delta N)^2 + (\Delta B)^2}{(N - B)^2} + \frac{(\Delta A)}{A} \quad (2)$$

Kao referentna vrednost obeležena je centralna linija koja predstavlja srednju vrednost ispitivane veličine ( $\bar{x}$ ), odnosno efikasnost dobijenu pri kalibraciji instrumenta. Gornja granica nalazi se na rastojanju  $\bar{x} + 3\sigma$  od centralne linije, gde je  $\sigma$  standardna devijacija. Donja granica nalazi se na rastojanju  $\bar{x} - 3\sigma$  od centralne linije. Gornja i donja kontrolna granica definišu interval u kome se očekuje najveći broj merenih vrednosti (99.73 %) [7]. Druga gornja i donja granica nalaze se na rastojanju  $\pm 2\sigma$  od centralne linije gde je verovatnoća nalaženja vrednosti 95,5 % [7]. Na slikama su prikazane dobijene srednje vrednosti za alfa efikasnost i beta efikasnost: 0.2641 i 0.3287, redom. Vrednosti efikasnosti dobijene za poslednji kvartal 2022. godine nalaze se unutar intervala  $\pm 2\sigma$ , odnosno najveći broj merenja nalazi se oko centralnih linija.



Slika 1. Kontrolna karta za alfa efikasnost za poslednji kvartal 2022. godine



Slika 2. Kontrolna karta za beta efikasnost za poslednji kvartal 2022. godine

Optimizacija uslova merenja na gasnom proporcionalnom brojaču i određivanje efikasnosti je preduslov za pouzdano određivanje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti i za određivanje aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u različitim matriksima. Tipične vrednosti ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti i  $^{90}\text{Sr}$  u vodama su sledeće: u pijaćim flaširanim mineralnim vodama ukupna alfa aktivnost je u opsegu 0,099-0,460 Bq/l, ukupna beta aktivnost u opsegu 0,317-2,219 Bq/l, dok je aktivnost  $^{90}\text{Sr}$  u opsegu 0,014-0,016 Bq/l [8]. U flaširanim negaziranim vodama ukupna alfa aktivnost je u opsegu 0,001-0,013 Bq/l, ukupna beta aktivnost između 0,044-0,173 Bq/l, u vodama sa česme iz različitih gradova u Srbiji ukupna alfa aktivnost je od 0,005 do 0,08 Bq/l, ukupna beta 0,056-0,223 Bq/l [9,10], dok je u izvorskoj vodi ukupna alfa <0,008 Bq/l, ukupna beta 0,041 Bq/l [9]. Aktivnost  $^{90}\text{Sr}$  u pijaćim vodama na teritoriji Beograda kreće se u opsegu <0,0022-0,0091 Bq/l, dok je ukupna alfa aktivnost u opsegu <0,032-0,063 i ukupna beta aktivnost <0,057-0,184 Bq/l [11].

U Republici Srbiji Zakonska regulativa propisuje granične vrednosti za ukupnu alfa aktivnost u pijaćim vodama 0,1 Bq/l dok je za ukupnu beta aktivnost 1 Bq/l. Granična vrednost  $^{90}\text{Sr}$  u pijaćoj vodi je 4,9 Bq/l [12]. Ukupna alfa aktivnost uključuje alfa emitere izuzev radona, dok ukupna beta aktivnost uključuje beta emitere izuzev  $^3\text{H}$  i  $^{14}\text{C}$ . Ukoliko se u uzorcima detektuju vrednosti koje su iznad propisanih, potrebno je uraditi analizu specifičnih aktivnosti radionuklida primenom gamaspektrometrijske metode ili određivanje aktivnosti tricijuma tečnom scintilacionom spektrometrijom.

U cilju eksterne kontrole kvaliteta, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Institut za nuklearne nauke "Vinča", redovno učestvuje u interkomparacijama koje organizuje Međunarodna Agencija za Atomska Energiju (*International Atomic Energy Agency*). Tokom 2022. godine organizovana je PT shema IAEA-TERC-2022-01 gde je između ostalog zahtevana analiza ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti kao i  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima voda. Krajnji rezultat evaluacije rezultata je prihvatljiv (A- accepted). Tabela 1 predstavlja deo rezultata dobijenih u okviru navedene interkomparacije.

Tabela 1. Rezultati u okviru interkomparacije IAEA-TERC-2022-01 za ukupnu alfa, ukupnu beta aktivnost i za  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima voda koji su mereni na gasnom proporcionalnom brojaču

Uzorak	Referentna vrednost (Bq/l)	Prijavljena vrednost (Bq/l)	Ocena
Ukupna alfa aktivnost uzorak 1	23,98±7,78	26,4±0,8	A
Ukupna beta aktivnost uzorak 1	124,75±29,46	87,2±1,7	A
Ukupna alfa aktivnost uzorak 2	12,72±3,73	10,7±0,5	A
Ukupna beta aktivnost uzorak 2	28,94±6,35	21,4±0,7	A
Ukupna alfa aktivnost uzorak 3	8,93±3,04	9,7±0,5	A
Ukupna beta aktivnost uzorak 3	27,63±6,78	20,2±0,6	A
$^{90}\text{Sr}$ uzorak 1	26,4±1,6	25,4±1,0	A
$^{90}\text{Sr}$ uzorak 2	7,42±0,45	7,40±0,42	A



## Zaključak

U cilju korišćenja gasnog proporcionalnog brojača za merenje ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti kao i  $^{90}\text{Sr}$  u različitim matriksima sprovodi se kontrola kvaliteta brojača jednom nedeljno. Efikasnosti za detekciju alfa i beta zračenja određuju se za sve detektore korišćenjem sertifikovanih standarda. Rezultati pokazuju dobru stabilnost brojača. Rezultati dobijeni u okviru interkomparacije određivanja ukupne alfa i ukupne beta aktivnosti i  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima voda pokazuju odlična slaganja sa referentnim vrednostima.

## Literatura

- [1] 900.0 Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water EPA-600/4-80-032, (1980).
- [2] ISO (International Standardization Organization) 9696, Water Quality-Measurement of Gross Alpha Activity in Non-Saline Water-Thick Source Method, Geneva, (2007).
- [3] ISO (International Standardization Organization) 9697, Water Quality-Measurement of Gross Beta Activity in Non-Saline Water-Thick Source Method, Geneva, (2008).
- [4] *Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols Manual (MARLAP)*, Volume II, Appendix F, Part II; United States, (2004).
- [5] Sarap, N., Janković, M., Pantelić, K. (2014). Validation of Radiochemical Method for the Determination of  $^{90}\text{Sr}$  in Environmental Samples. *Water, Air, & Soil Pollution*, 225, 2003.
- [6] Todorović, N., Nikolov, J., Stojković, I. (2018). Nuklearne analitičke tehnike tečne scintilacione spektroskopije. Novi Sad, Srbija: Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku, UNS, Biblioteka Matice srpske, Novi Sad.
- [7] Terzić, M., Forkapić, S. (2018). Uvod u metrologiju i standardizaciju. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Departman za fiziku.
- [8] Janković, M.M., Sarap, N.B., Todorović, D.J., Joksić, J.D. (2013). Natural and artificial ( $^{90}\text{Sr}$ ) radionuclides in some carbonated mineral waters used in Serbia. *Nuclear Technology and Radiation Protection*, 28(3), 284–292.
- [9] Janković, M.M., Todorović, D.J., Todorović, N.A., Nikolov, J. (2012). Natural radionuclides in drinking waters in Serbia. *Applied Radiation and Isotopes*, 70(12), 2703-2710.
- [10] Janković M.M., Sarap, N.B., Pantelić, G.K. Todorović, D.J. (2015). Comparison of two different methods for gross alpha and beta activity determination in water samples. *Open Chemistry*, 13, 668–674.
- [11] Republika Srbija, Grad Beograd, Gradska uprava grada Beograda, Sekretarijat za zaštitu životne sredine. Elaborat: Radioaktivnost životne sredine u Beogradu u 2021. godini. (2022). Institut za nuklearne nauke Vinča, Laboratorija za zaštitu od zračenja i zaštitu životne sredine, Beograd.
- [12] Pravilnik o granicama sadržaja radionuklida u vodi za piće, životnim namirnicama, stočnoj hrani, lekovima, predmetima opšte upotrebe, građevinskom materijalu i drugoj robi koja se stavlja u promet. (2018). Službeni glasnik RS, 36/18.

