

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izvještaj za 2024. godinu
LIX. godina



Zagreb, 2025.



Institut za
medicinska
istraživanja
i medicinu
rada

IMI-CRZ-106

Klasa: 07-75/25-00/1

Ur.Broj: 100-15/25-2

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izveštaj za 2024. godinu

LIX. godina

Zavod za zaštitu od zračenja

Predstojnik Zavoda:

Suradnici:

Prof. dr. sc. Branko Petrinec, prof. fizike

Mak Avdić, mag. ing. kem. tehn.

Dr. sc. Dinko Babić, dipl. ing. fizike

Paula Antonija Bačani, mag. educ. phys.

Šimun Bilić, mag. fizike

Dr. sc. Tomislav Bituh, dipl. ing. preh. tehn.

Tea Čvorišćec, mag. ing. agr, mag. sanit. ing.

Iva Franulović, dipl. ing. biotehn.

Dragutin Hasenay, mag. chem

Milica Kovačić, dipl. ing. kem.

Ljerka Petroci

Jerko Šiško, dipl. ing. fizike

Petra Tagliaretti, mag. chem.

Dr. sc. Branimir Zauner, dipl. ing. fiz.

Predstojnik
Zavoda za zaštitu od zračenja:

Prof. dr. sc. Branko Petrinec, prof. fizike

Ravnateljica Instituta za medicinska
istraživanja i medicinu rada:

Prof. dr. sc. Ana Lucić Vrdoljak, dipl. ing. med. biokem.



Zagreb, 2025.

SADRŽAJ

SAŽETAK / ABSTRACT	5
UVOD	6
TABLIČNI PRIKAZ OBAVLJENIH POSLOVA IZ GODIŠNJEG PROGRAMA.....	7
KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZIMANJA UZORAKA	11
POPIS I KARAKTERISTIKE MJERNE OPREME	13
1. AMBIJENTALNI DOZNI EKVIVALENT	14
1.D Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta $H^*(10)$	15
2. ZRAK	16
2.B Ukupna beta aktivnost zraka.....	17
2.G Gamaspektrometrijska analiza zraka.....	18
2.S Specifično određivanje ^{90}Sr u zraku	22
2.J Specifično određivanje ^{131}I u zraku.....	23
3. OBORINA.....	24
Količina oborine u 2024. godini.....	25
3.B Ukupna beta aktivnost oborine.....	28
3.G Gamaspektrometrijska analiza oborine.....	29
3.S Specifično određivanje ^{90}Sr u oborinama	32
4. TLO	33
4.G Gamaspektrometrijska analiza tla	34
4.S Specifično određivanje ^{90}Sr u tlu.....	38
5. RIJEKE	41
5.G Gamaspektrometrijska analiza riječnih voda.....	42
5.S Specifično određivanje ^{90}Sr u riječnim vodama.....	45
6. JEZERA	47
6.G Gamaspektrometrijska analiza jezerskih voda.....	48
6.S Specifično određivanje ^{90}Sr u jezerskim vodama	48
7. MORE	49
7.1.G Gamaspektrometrijska analiza morske vode	50
7.1.S Specifično određivanje ^{226}Ra u morskoj vodi.....	51
7.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u morskoj vodi	51
7.2.G Gamaspektrometrijska analiza mobilnih indikatorskih organizama.....	52
7.2.G Specifično određivanje ^{90}Sr u mobilnim indikatorskim organizmima.....	53

8. VODA ZA PIĆE.....	54
8.1.G Gamaspektrometrijska analiza vodovodnih voda.....	55
8.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u vodovodnoj vodi.....	56
8.2.G Gamaspektrometrijska analiza voda iz spremnika za kišnicu	57
8.2.s Specifično određivanje ^{90}Sr u vodama iz spremnika za kišnicu.....	57
9. TERMALNE VODE.....	58
9.G Gamaspektrometrijska analiza termalnih voda	59
9.S Specifično određivanje ^{90}Sr u termalnim vodama.....	59
10. MINERALNE IZVORSKE VODE	60
10.G Gamaspektrometrijska analiza mineralnih izvorskih voda.....	61
10.S Specifično određivanje ^{90}Sr u mineralnim izvorskim vodama.....	61
11. PREHRAMBENI ARTIKLI.....	62
11.1.G Gamaspektrometrijska analiza mlijeka.....	63
11.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u mlijeku	66
11.2.G Gamaspektrometrijska analiza ljudske hrane.....	69
11.2.S Specifično određivanje ^{90}Sr u ljudskoj hrani.....	72
11.3.G Gamaspektrometrijska analiza cjelovitih obroka hrane.....	75
11.3.S Specifično određivanje ^{90}Sr u cjelovitim obrocima hrane.....	76
10. STOČNA HRANA.....	77
10.G Gamaspektrometrijska analiza stočne hrane	78
10.S Specifično određivanje ^{90}Sr u stočnoj hrani.....	78
ZAKLJUČAK	79

PRILOG 1: *Izveštaj o ispitivanju:* Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj tijekom 2024. godine.

Određivanje radionuklida visokorezolucijskom gamaspektrometrijom u energijskom rasponu od 40 do 2000 keV.

Određivanje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr

Određivanje koncentracije aktivnosti ^{226}Ra

PRILOG 2: CD s podacima u elektroničkom obliku.

SAŽETAK

Program mjerenja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj za 2024. godinu nastavak je kontinuiranih mjerenja od 1959. godine.

Od 2010. godine Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada akreditiran je prema Normi HRN EN ISO/IEC 17025 za područja: Određivanje radioaktivnosti i Ispitivanja u području zaštite od ionizirajućeg zračenja.

Uzimanje uzoraka, radiokemijsku obradu i mjerenje provodi Zavod za zaštitu od zračenja, Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada u Zagrebu. U skladu s preporukama Direktive Vijeća 2013/59/Euratom od 5. prosinca 2013. godine o osnovnim sigurnosnim standardima za zaštitu od opasnosti koje potječu od izloženosti ionizirajućem zračenju, program je obuhvatio sve važnije sastavnice okoliša - zrak, oborine, tlo, geografske i pitke vode te ljudsku i stočnu hranu.

Svrha ovih istraživanja je prikupiti što veći broj podataka na temelju kojih se može procijeniti utjecaj na čovjeka.

ABSTRACT

The radioactivity measurement programme in the environment of the Republic of Croatia for the year 2024 is a part of continuous measurements that have started in 1959.

From 2010 Institute for Medical Research and Occupational Health is accredited laboratory according to Standard HRN EN ISO/IEC 17025 in the scope: Determination of radioactivity and Testing in the scope of ionizing radiation protection.

Sampling, radiochemical analyses and measurements were carried out by the Division of Radiation Protection of the Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb. The scope of the monitoring of contamination in the environmental samples according to the Council Directive 2013/59/Euratom of 5th December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, the program included all major environmental components: air, precipitation, soil, water, foodstuffs and feedingstuffs.

The purpose of these investigations is to collect as many data as possible for the assessment of radiation risk to man.

UVOD

Institut za medicinska istraživanja i medicinu rada sklopio je 22.4.2024. ugovor s Ministarstvom unutarnjih poslova RH „Mjerenje stanja radioaktivnosti u okolišu; Grupa 2 – Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u zraku, tlu, moru, rijekama, jezerima, krutim i tekućim oborinama, vodi za piće, kišnici, bioindikatorskim organizmima, mlijeku, hrani i hrani za životinje (Klasa: 406-09/23-04/185, Ur.br: 511-01-164-24-26).

Mjerenja i uzorkovanja provedena su sukladno troškovniku te Godišnjem programu praćenja stanja okoliša za 2024. godinu prikazanog u tablici koja slijedi.

TABLIČNI PRIKAZ OBAVLJENIH POSLOVA IZ GODIŠNJEG PROGRAMA

Medij	Mjerna metoda, radionuklid u uzorku	Lokacije	Broj god mjerjenja	Provedeno uzorkovanje i mjerenje*
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u zraku	ukupna beta aktivnost	Zagreb N45.78; E15.90	12	✓
	VR gama spektrometrija	Zagreb N45.85;E15.98	12	✓
		Zadar N44.1;E15.25	4	✓
		Osijek N45.55;E18.70	4	✓
	⁹⁰ Sr -specifično mjerenje	Zagreb N45.85;E15.98	2	✓
	¹³¹ I	Zagreb N45.78; E15.90	12	✓
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u oborinama	ukupna beta aktivnost	Zagreb N45.78; E15.90	12	✓
	VR gama spektrometrija	Zagreb N45.78; E15.90	4	✓
		Zadar N44.10;E15.25	4	✓
		Osijek N45,55;E18.70	2	✓
		Bjelovar N44.53;E15.38	2	✓
		Pula N44.86;E14.20	2	✓
		Rijeka N45.33;E14.46	2	✓
		Dubrovnik N42.65;E18.10	2	✓
	⁹⁰ Sr - specifična metoda	Zagreb N45.78; E15.90	2	✓(4)
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u tlu	VR gama spektrometrija	6 regije Zagreb, Zadar, Osijek, Gospić, Opuzen, Istra - 3 sloja (0-5, 5-10, 10-15)	18	✓
	⁹⁰ Sr - specifična metoda	6 regije Zagreb, Zadar, Osijek, Gospić, Opuzen, Istra - 3 sloja (0-5, 5-10, 10-15)	18	✓
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u bioindikatorskim organizmima	VR gama spektrometrija	7 lokacija duž jadranske obale (Pula,Plominski zaljev, Rijeka, Zadar, Split, Kaštelanski zaljev, Dubrovnik)	7	✓
	⁹⁰ Sr - specifična metoda	7 lokacija duž jadranske obale (Pula,Plominski zaljev, Rijeka, Zadar, Split, Kaštelanski zaljev, Dubrovnik)	4	✓

*u zagradama je broj analiziranih uzoraka

Medij		Mjerna metoda, radionuklid u uzorku	Lokacije	Broj god mjerjenja	Provedeno uzorkovanje i mjerenje*
vodovodna voda	VR gama spektrometrija		Zagreb	4	✓
			Osijek	1	✓
			Rijeka	1	✓
			Split	1	✓
			Dubrovnik	1	✓
	⁹⁰ Sr- specifično mjerenje		Zagreb	2	✓(4)
			Osijek	1	✓
			Rijeka	1	✓
			Split	1	✓
			Dubrovnik	1	✓
spremnici za kišnicu	VR gama spektrometrija		Bale N45.03;E13.78	1	✓
			Doli N42.49;E17.80	1	✓
			Marina N43.51;E17.80	1	✓
			Pag N44.43;E15.06	1	✓
	⁹⁰ Sr- specifično mjerenje		Bale N45.03;E13.78	1	✓
			Doli N42.49;E17.80	1	✓
			Marina N43.51;E17.80	1	✓
			Pag N44.43;E15.06	1	✓
Termalne vode	VR gama spektrometrija		3 lokacije (Istarske toplice, Bizovačke toplice i Tuheljske toplice)	3	✓
	⁹⁰ Sr - specifično mjerenje		3 lokacije (Istarske toplice, Bizovačke toplice i Tuheljske toplice)	3	✓
Mineralne vode		VR gama spektrometrija	2 lokacije (Jamnica i Jana)	2	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	2 lokacije (Jamnica i Jana)	2	✓
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u hrani	Hrana pojedinačno, najčešće korištene namirnice - povrća, voće, meso, ribe, žitarice; divljač, šumsko voće, gljive. 8-10 uzoraka po regiji	VR gama spektrometrija	3 regije- Zagreb, Zadar, Osijek	36	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	3 regije- Zagreb, Zadar, Osijek	36	✓
	Cjeloviti obroci	VR gama spektrometrija	Zagreb vrtići ili menze	5	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	Zagreb vrtići ili menze	5	✓
	Cjeloviti obroci	VR gama spektrometrija	Zagreb vrtići ili menze	5	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	Zagreb vrtići ili menze	5	✓

*u zagradama je broj analiziranih uzoraka

Medij		Mjerna metoda, radionuklid u uzorku	Lokacije	Broj god mjerjenja	Provedeno uzorkovanje i mjerenje*
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u površinskim vodama	Rijeke	VR gama spektrometrija	Sava Zagreb N45.79;E15.98	6	✓
			Sava Harmica N45.86;E15.69	6	✓
			Sava Sisak N45.48;E15.98	6	✓
			Sava Županja N45.08; E18.69	2	✓
			Drava -Varaždin N46.32;E16.36	2	✓
			Drava - Osijek N45.55;E18.70	2	✓
			Dunav- Batina N45.85;E18.85	2	✓
			Dunav-Vukovar N45.35;E19.01	2	✓
			Neretva Opuzen N43.04;E17,55	1	✓
			Krka N43.80;15.96	1	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje / rezidual beta	Sava Zagreb N45.79;E15.98	4	✓
			Sava Harmica N45.86;E15.69	4	✓
			Sava Sisak N45.48;E15.98	4	✓
			Sava Županja N45.08; E18.69	2	✓
			Drava -Varaždin N46.32;E16.36	2	✓
			Drava - Osijek N45.55;E18.70	2	✓
			Dunav- Batina N45.85;E18.85	2	✓
			Dunav-Vukovar N45.35;E19.01	2	✓
	Jezera	VR gama spektrometrija	Plitvička jezera N43.88;E 15.61	2	✓
			Vransko jezero N43.92;E15.51	2	✓
		⁹⁰ Sr - specifična metoda/ rezidual beta	Plitvička jezera N43.88;E 15.61	1	✓
			Vransko jezero N43.92;E15.51	1	✓
	Morska voda	gama spektrometrija	Pula N44.86;E14.20	2	✓
			Plominski zaljev N45.15;E14,17	2	✓
			Rijeka N45.23;E14.25	2	✓
			Zadar N44.1;E15.25	2	✓
			Split N43.50;E16.43	2	✓
			Kaštelanski Zaljev N43.54;E16.34	2	✓
			Dubrovnik N42.69;E18.04	2	✓
		⁹⁰ Sr- specifično mjerenje	Pula, Rijeka, Zadar, Kaštelanski zaljev, Dubrovnik	4	✓
		²²⁶ Ra	2 lokacije Plomin i Kaštela	4	✓

*u zagradama je broj analiziranih uzoraka

Medij	Mjerna metoda, radionuklid u uzorku	Lokacije	Broj god mjerjenja	Provedeno uzorkovanje i mjerenje*
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u mlijeku	VR gama spektrometrija	Zagreb	12	✓
		Osijek	4	✓(6)
		Varaždin	4	✓(6)
		Zadar	4	✓(6)
	⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	Zagreb	12	✓
		Osijek	4	✓(6)
		Varaždin	4	✓(6)
		Zadar	4	✓(6)
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u hrani za životinje	VR gama spektrometrija	slavonska i priobalna regija - trava, lucerna, silaža	6	✓
	⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	slavonska i priobalna regija - trava, lucerna, silaža	3	✓

*u zgradama je broj analiziranih uzoraka

Zavod za zaštitu od zračenja nastavio je dugogodišnje praćenje sezonskih razlika ⁹⁰Sr u oborinama i vodovodnoj vodi, stoga je određivanje koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr u uzorcima oborina i vodovodnoj vodi na lokaciji Zagreb provedeno u tromjesečnim uzorcima, umjesto polugodišnjim kako je zadano planom. Također je u uzorcima mlijeka iz Osijeka, Varaždina i Zadra napravljeno uzorkovanje i određivanje koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr u dvomjesečnim uzorcima, umjesto tromjesečnim kako je zadano planom.

GEOGRAFSKE KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZMANJA UZORAKA

Mjesto	Geografska širina N	Geografska dužina E	Nadmorska visina m
Bale	45°02'22,78"	13°47'10,11"	142
Batina	45°50'41,15"	18°51'16,79"	80
Bizovačke toplice	45°34'49,76"	18°27'35,28"	94
Bjelovar	45°53'52,64"	16°50'30,38"	135
Buzet	45°23'43,12"	13°55'56,35"	50
Čakovec	46°23'23,25"	16°26'16,63"	164
Doli	42°48'48,73"	17°46'56,39"	110
Dubrovnik	42°41'26,40"	18°02'24,33"	0
Dubrovnik	42°38'41,71"	18°05'6,07"	50
Dvor	45°04'16,00"	16°22'32,00"	167
Đakovo	45°18'36,35"	18°24'37,10"	111
Gospić	44°30'54,30"	15°18'24,25"	565
Istarske toplice	45°22'38,64"	13°53'07,8"	18
Jamnica	45°35'50,86"	15°52'32,88"	288
Jana	45°42'56,77"	15°35'31,96"	143
Karlovac	45°32'11,53"	15°35'18,23"	112
Konavli	42°34'47,57"	18°13'05,76"	161
Kostajnica	45°13'41,61"	16°32'24,52"	113
Kutina	45°28'38,2"	16°46'46,9"	104
Marina	43°30'47,13"	16°06'36,84"	4
Matijevići	45°03'02,32"	16°22'07,26"	126
Molve	46°06'32,43"	17°00'10,17"	121
Osijek	45°34'00,81"	18°39'58,17"	81
Pag	44°38'38,09"	14°47'15,98"	71
Petrinja	45°26'26,08"	16°16'34,78"	10
Plitvice	44°52'49,62"	15°37'03,28"	613
Plomin	45°08'02,67"	14°10'35,04	0
Pula	44°52'59,74"	13°51'37,37"	20
Pula	44°52'18,05"	13°50'32,96"	0
Rijeka	45°14'15,56"	14°15'21,05"	0
Rijeka	45°22'1,99"	14°25'3,76"	367

GEOGRAFSKE KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZIMANJA UZORAKA

Mjesto	Geografska širina N	Geografska dužina E	Nadmorska visina m
Sisak	45°28'58,15"	15°23'14,58"	99
Slavonski Brod	45°09'34,21"	18°01'11,26"	92
Skradin	43°48'06,24"	15°57'54,14"	64
Split	43°30'25,28"	16°26'21,57"	0
Tuheljske toplice	46°3'52,49"	15°47'1,75"	151
Varaždin	46°19'18,64"	16°21'24,72"	173
Vrana	43°55'47,37"	15°30'45,04"	113
Vukovar	45°21'21,38"	19°0'5,07"	77
Zadar	44°07'48,29"	15°12'21,50"	1
Zagreb - IMI	45°50'02,50"	15°58'42,86"	165
Zagreb - Sava	45°47'23,24"	15°58'51,41"	111
Županja	45°04'19,22"	18°41'05,40"	80

POPIS I KARAKTERISTIKE MJERNE OPREME

Određivanje radionuklida visokorezolucijskom gamaspektrometrijom u energijskom rasponu 40 – 2000 keV:

- Ge(Li) detektor ORTEC
(rezolucija 1,87 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 15,4 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM detektor ORTEC
(rezolucija 1,75 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 21 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GMX detektor ORTEC
(rezolucija 2,24 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 74,3 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- P-type coaxial detector Canberra
(rezolucija 1,90 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 54 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM50 detektor ORTEC
(rezolucija 1,90 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 50 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM100 detektor ORTEC
(rezolucija 2,10 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 100 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)
- HP Ge GEM130 detektor ORTEC
(rezolucija 2,10 keV na 1,33 MeV, ^{60}Co , relativna efikasnost 130 % na 1,33 MeV, ^{60}Co)

Detektori su smješteni u olovne oklope kako bi se osiguralo nisko osnovno zračenje; povezani su s višekanalnim analizatorima za skupljanje spektara. Spektri se analiziraju na računalima s instaliranim programskim paketima za obradu spektara. Programski paket za analizu spektara je GammaVision proizvođača ORTEC.

Određivanje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr , ukupna beta:

BETA multicounter system RISØ GM-25-5A

(4 sustava s ukupno 20 detektora; efikasnosti brojača ~23% za ^{90}Y)

Određivanje koncentracije aktivnosti ^{226}Ra :

Alpha Analyst PIPS detector- Canberra

(10 detektora; aktivna površina 450 mm², alfa rezolucija za ^{241}Am 19 keV; efikasnost ~12-15%)

Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta

Pasivni uređaji za mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta

TLD Panasonic UD-804

RS04L/232 gama sonda s proporcionalnim brojačem (AMS monitoring stanica)

Kalibracija efikasnosti svih detektora (gama, beta, alfa) provodi se redovito certificiranim standardima, osiguranje kvalitete određivanja radionuklida provodi se sustavnim sudjelovanjima u međulaboratorijskim ispitivanjima u organizaciji Međunarodne agencije za atomsku energiju (IAEA) i Zajedničkog istraživačkog centra JRC EC.

1. AMBIJENTALNI DOZNI EKVIVALENT



1. MJERENJE AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)$

Mjerenja ambijentalnog doznog ekvivalenta $H^*(10)$ nužna su za potpunu procjenu stanja radioaktivnosti u okolišu RH. Ovo poglavlje izrađeno je izdvojeno u izvješću IMI-CRZ-107 „PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ - Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta“ (Klasa: 07-75/25-00/1, ur.br. 100-15/25-3).

2. ZRAK



2.B UKUPNA BETA AKTIVNOST ZRAKA

Uzorci zraka za određivanje ukupne beta aktivnosti skupljaju se pumpanjem srednjeg volumena zraka ($V \approx 100\text{--}300 \text{ m}^3/\text{dnevno}$) preko Schneider-Poelman plavih filtara. Dnevni uzorci se mjere antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

ZAGREB

Mjesec	Prosjeck	Maksimum	Minimum
	Bqm ⁻³		
Siječanj	(5,55 ± 0,13)E-4	(1,29 ± 0,02)E-3	(1,55 ± 0,08)E-4
Veljača	(5,65 ± 0,13)E-4	(1,68 ± 0,03)E-3	(2,13 ± 0,10)E-4
Ožujak	(4,36 ± 0,09)E-4	(7,95 ± 0,16)E-4	(1,38 ± 0,08)E-4
Travanj	(4,54 ± 0,10)E-4	(1,45 ± 0,02)E-3	(1,17 ± 0,07)E-4
Svibanj	(5,82 ± 0,08)E-4	(2,47 ± 0,01)E-3	(2,20 ± 0,04)E-4
Lipanj	(7,91 ± 0,13)E-4	(1,53 ± 0,02)E-3	(2,19 ± 0,09)E-4
Srpanj	(9,26 ± 0,14)E-4	(1,62 ± 0,02)E-3	(3,42 ± 0,10)E-4
Kolovoz	(1,17 ± 0,01)E-3	(1,79 ± 0,02)E-3	(4,82 ± 0,11)E-4
Rujan	(9,58 ± 0,15)E-4	(2,00 ± 0,02)E-3	(7,42 ± 0,37)E-5
Listopad	(9,55 ± 0,15)E-4	(2,45 ± 0,03)E-3	(1,17 ± 0,05)E-4
Studen	(1,13 ± 0,02)E-3	(3,53 ± 0,03)E-3	(2,21 ± 0,09)E-4
Prosinac	(8,75 ± 0,15)E-4	(2,23 ± 0,03)E-3	(2,06 ± 0,08)E-4
Prosjeck	(7,83 ± 0,13)E-4		
Maksimum	(1,17 ± 0,01)E-3	(3,53 ± 0,03)E-3	
Minimum	(4,36 ± 0,09)E-4		(7,42 ± 0,37)E-5

2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA ZRAKA

Na lokaciji IMI – Ksaverska cesta uzorci zraka skupljaju se pumpanjem velikog volumena zraka pomoću ASS-500 HVS (High volume sampler) pumpe kroz Petrianov filtre (FPP-15-1.5) jedan i pol metar iznad tla ($V \approx 400.000 \text{ m}^3/\text{mjesec}$). Nakon gamaspektrometrijskog mjerenja, filteri se spajaju u polugodišnji uzorak i radiokemijski se određuje ^{90}Sr . Na lokacijama Zadar i Osijek uzorci se skupljaju pumpanjem srednjeg volumena zraka ($V \approx 100\text{--}300 \text{ m}^3/\text{dan}$) kroz Schneider-Poelman plave filtre. Specifično određivanje ^{131}I u zraku provodi se pumpanjem srednjeg volumena zraka ($V \approx 100\text{--}300 \text{ m}^3/\text{dan}$) kroz ugljeni filter tipa: TE1C TEDA Charcoal Cartrige. Gamaspektrometrijskom analizom svih uzoraka provjerena je prisutnost slijedećih radionuklida:

- radionuklidi fisijskog porijekla (36 radionuklida):

^{24}Na , ^{51}Cr , ^{54}Mn , ^{56}Mn , ^{57}Co , ^{58}Co , ^{60}Co , ^{59}Fe , ^{65}Zn , ^{88}Pb , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Te}$, ^{103}Ru , ^{106}Ru , $^{110\text{m}}\text{Ag}$, ^{124}Sb , ^{125}Sb , ^{129}I , ^{131}I , ^{132}I , ^{133}I , ^{134}I , ^{135}I , ^{132}Te , ^{134}Cs , ^{136}Cs , ^{137}Cs , ^{138}Cs , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{144}Ce , ^{239}Np , ^{241}Am .

- prirodni radionuklidi (14 radionuklida):

^7Be , ^{40}K , ^{208}Tl , ^{212}Bi , ^{214}Bi , ^{210}Pb , ^{212}Pb , ^{214}Pb , ^{226}Ra , ^{228}Ac , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{234}Th , ^{235}U , ^{238}U .

Izvještteni su radionuklidi čija je prisutnost pronađena odnosno radionuklidi od posebnog interesa.

ZAGREB

Razdoblje	^7Be	^{137}Cs [Bqm ⁻³]	^{40}K
2.1.-31.1.2024.	(1,93 ± 0,01)E-3	(5,45 ± 0,46)E-7	(9,40 ± 0,43)E-6
31.1.-6.3.2024.	(2,27 ± 0,01)E-3	(3,78 ± 0,39)E-7	(7,95 ± 0,37)E-6
6.3.-2.4. 2024.	(2,25 ± 0,01)E-3	(3,65 ± 0,45)E-7	(9,81 ± 0,45)E-6
2.4.-2.5. 2024.	(2,91 ± 0,01)E-3	< 2,29E-7	(8,55 ± 0,36)E-6
2.5.-7.6. 2024.	(3,43 ± 0,01)E-3	<2,17E-7	(3,86 ± 0,27)E-6
7.6.-1.7. 2024.	(3,69 ± 0,01)E-3	(3,09 ± 0,49)E-7	(8,12 ± 0,43)E-6
1.7.-1.8. 2024.	(3,83 ± 0,01)E-3	<2,47E-7	(5,28 ± 0,33)E-6
1.8.-2.9. 2024.	(4,39 ± 0,01)E-3	<2,40E-7	(6,43 ± 0,36)E-6
2.9.-1.10. 2024.	(3,37 ± 0,01)E-3	<2,65E-7	(7,39 ± 0,38)E-6
1.10.-31.10. 2024.	(2,33 ± 0,01)E-3	(3,09 ± 0,37)E-7	(8,87 ± 0,40)E-6
31.10.-1.12. 2024.	(1,87 ± 0,01)E-3	(3,95 ± 0,41)E-7	(1,04 ± 0,05)E-5
1.12.-31.12.2024.	(1,61 ± 0,01)E-3	(5,01 ± 0,50)E-7	(9,93 ± 0,47)E-6

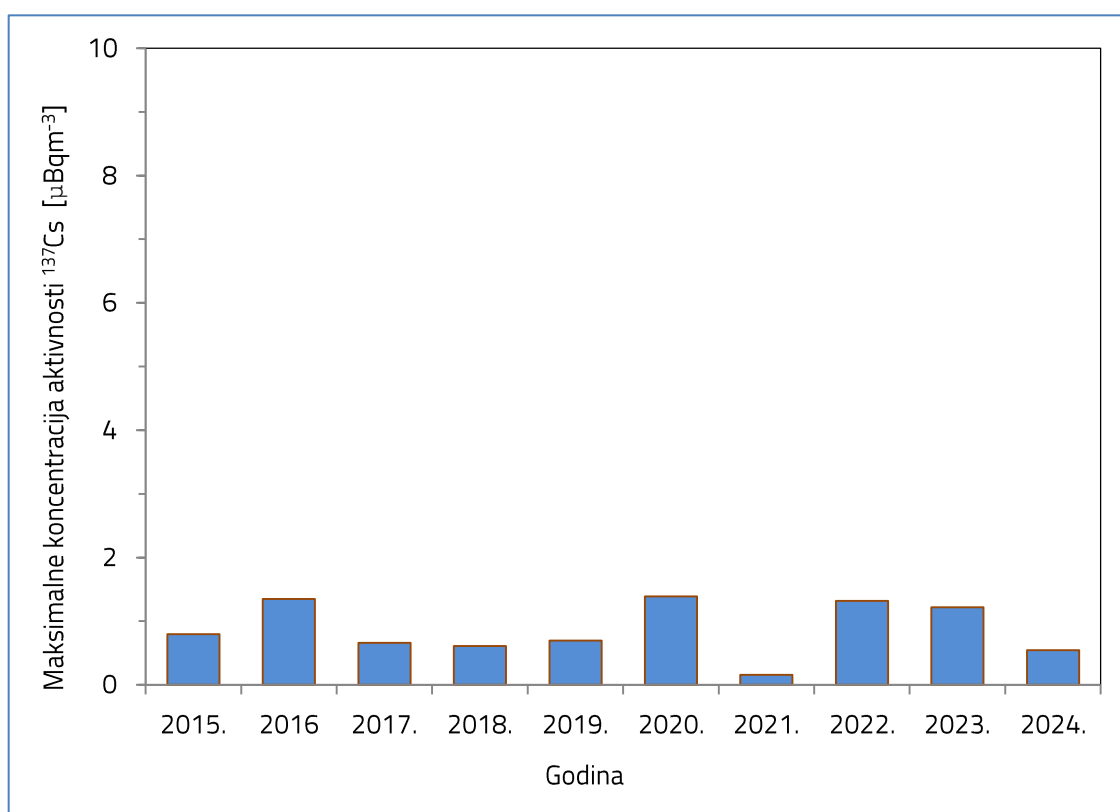
ZADAR

Mjeseci	^7Be	^{137}Cs [Bqm ⁻³]	^{40}K
I, II. i III.	(2,03 ± 0,14)E-3	<1,02E-5	<8,80E-5
IV, V. i VI.	(4,58 ± 0,19)E-3	<1,59E-5	< 6,98E-5
VII, VIII. i IX.	(5,85 ± 0,22)E-3	<1,20E-5	<7,48E-5
X, XI. i XII.	(2,42 ± 0,08)E-3	<1,11E-5	<7,62E-5

OSIJEK

Mjeseci	^7Be	^{137}Cs [Bqm ⁻³]	^{40}K
I, II. i III.	$(3,12 \pm 0,13)\text{E-3}$	$<7,53\text{E-6}$	$<7,69\text{E-5}$
IV, V. i VI.	$(2,38 \pm 0,22)\text{E-3}$	$<1,85\text{E-5}$	$<7,15\text{E-5}$
VII, VIII. i IX.	$(4,85 \pm 0,27)\text{E-3}$	$<8,60\text{E-6}$	$<7,04\text{E-5}$
X, XI. i XII.	$(2,13 \pm 0,07)\text{E-3}$	$<1,11\text{E-5}$	$<6,40\text{E-5}$

U uzorcima zraka u Zagrebu najviša vrijednost koncentracije aktivnosti ^{137}Cs od $0,55 \mu\text{Bq m}^{-3}$ izmjerena je tijekom siječnja 2024. godine (slika 1.). Od prirodnih radionuklida izmjerene su vrijednosti za kozmogeni ^7Be i terestrijalni ^{40}K . Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^7Be u uzorcima zraka skupljenima u Zagrebu nisu odstupale od prošlogodišnjih vrijednosti i kretale su se od $1,61 \text{ mBq m}^{-3}$ tijekom prosinca 2024. godine do $4,39 \text{ mBq m}^{-3}$ u kolovozu 2024. godine. Koncentracije aktivnosti ^{40}K kretale su se od $3,86 \mu\text{Bq m}^{-3}$ u svibnju do $10,4 \mu\text{Bq m}^{-3}$ u studenome 2024. godine.



Slika 1. Najveće koncentracije ^{137}Cs u mjesečnim uzorcima zraka u gradu Zagrebu tijekom razdoblja 2015. – 2024.

2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U ZRAKU

Uzorci zraka skupljaju se pumpanjem velikog volumena zraka pomoću ASS-500 HVS (High volume sampler) pumpe kroz Petrianov filtre (FPP-15-1.5) jedan i pol metar iznad tla. Uzorak se raščinja dušičnom i klorovodičnom kiselinom uz prisustvo nosača stroncija. Iz dušično kisele otopine najprije se uklanja silicij, a nakon toga se talože stroncij i kalcij koji se kasnije odvajaju pomoću dušične kiseline. Nakon čišćenja ostalih primjesa, otopini stroncija dodaje se itrij nosač (^{90}Y) i ostavi stajati oko šesnaest dana da se postigne radioaktivna ravnoteža. Nakon toga se ^{90}Y odvaja i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

ZAGREB

Mjeseci	^{90}Sr [Bqm ⁻³]
I–VI.	< 4,60E-7
VII.–XII.	< 5,70E-7

Koncentracija aktivnosti ^{90}Sr u kompozitnim uzorcima zraka u 2024. godini ispod su granice detekcije.

2.J SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{131}I U ZRAKU

ZAGREB

Uzorci zraka za specifično određivanje izotopa joda skupljaju se neprekidnim pumpanjem zraka kroz filtre za jod (TE1C TEDA Charcoal Cartrige) postavljenih jedan metar iznad tla tijekom 14 dana. Filtri se neposredno po prestanku pumpanja zraka gamaspektrometrijski analiziraju na prisutnost izotopa joda (tijekom 80000 sekundi). Provodi se izračun vremenske korekcije na razdoblje uzorkovanja.

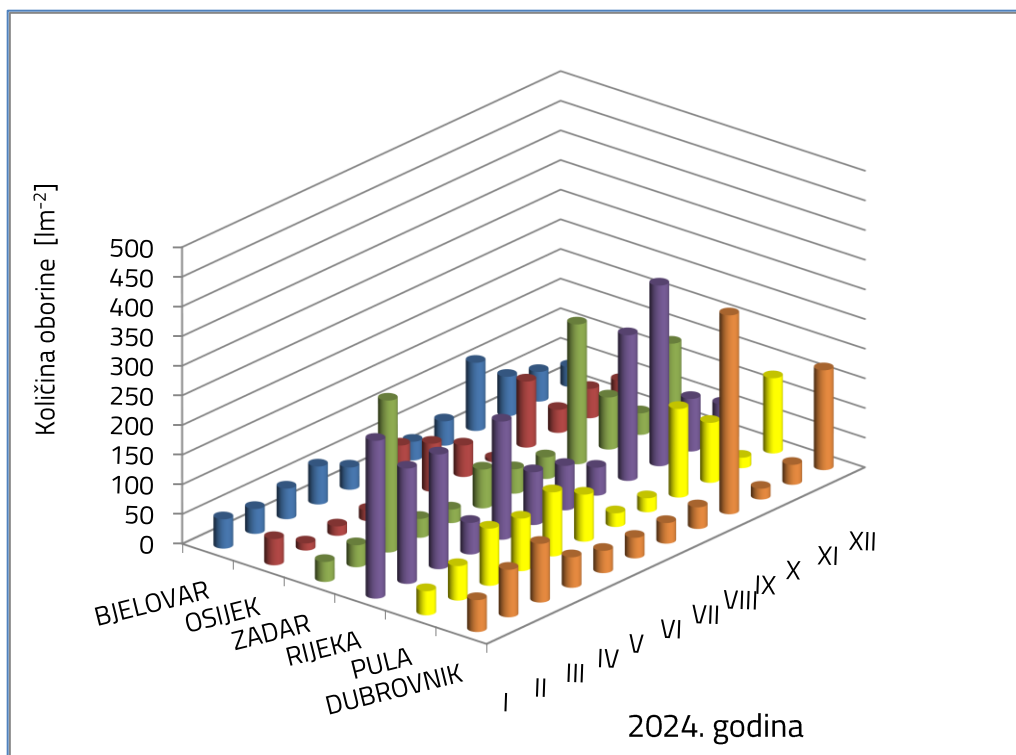
Razdoblje	Specifična aktivnost ^{131}I [Bqm ⁻³]
15.-29.1. 2024.	< 1,82E-4
12.2.-26.2. 2024.	< 1,75E-5
26.2.-25.3. 2024.	< 2,18E-5
8.-22.4. 2024.	< 2,39E-5
13.-27.5. 2024.	< 2,25E-5
10.-24.6. 2024.	< 2,33E-5
11.-22.7. 2024.	< 2,60E-5
8.8.-10.9. 2024.	< 2,45E-5
10.-24.9. 2024.	< 3,57E-5
7.-23.10. 2024.	< 3,86E-5
4.-19.11. 2024.	< 5,32E-5
2.-16.12. 2024.	< 3,46E-5

U svim uzorcima u 2024. godini koncentracije aktivnosti ^{131}I u zraku bile su ispod granice detekcije.

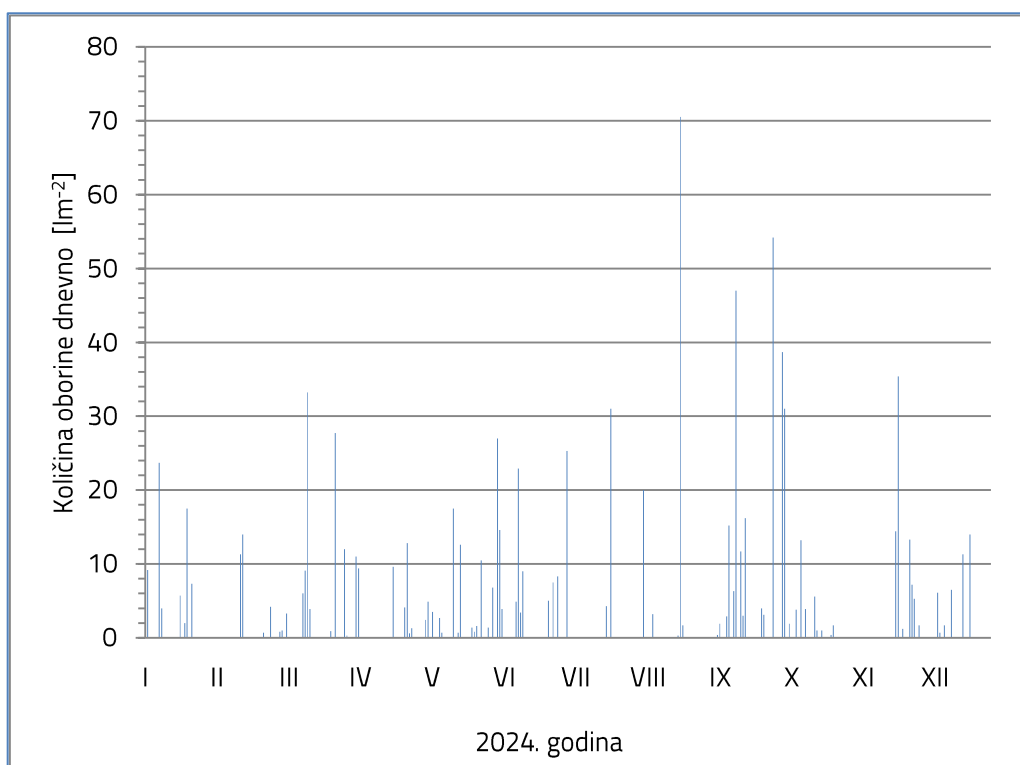
3. OBORINA



KOLIČINA OBORINE U 2024. GODINI



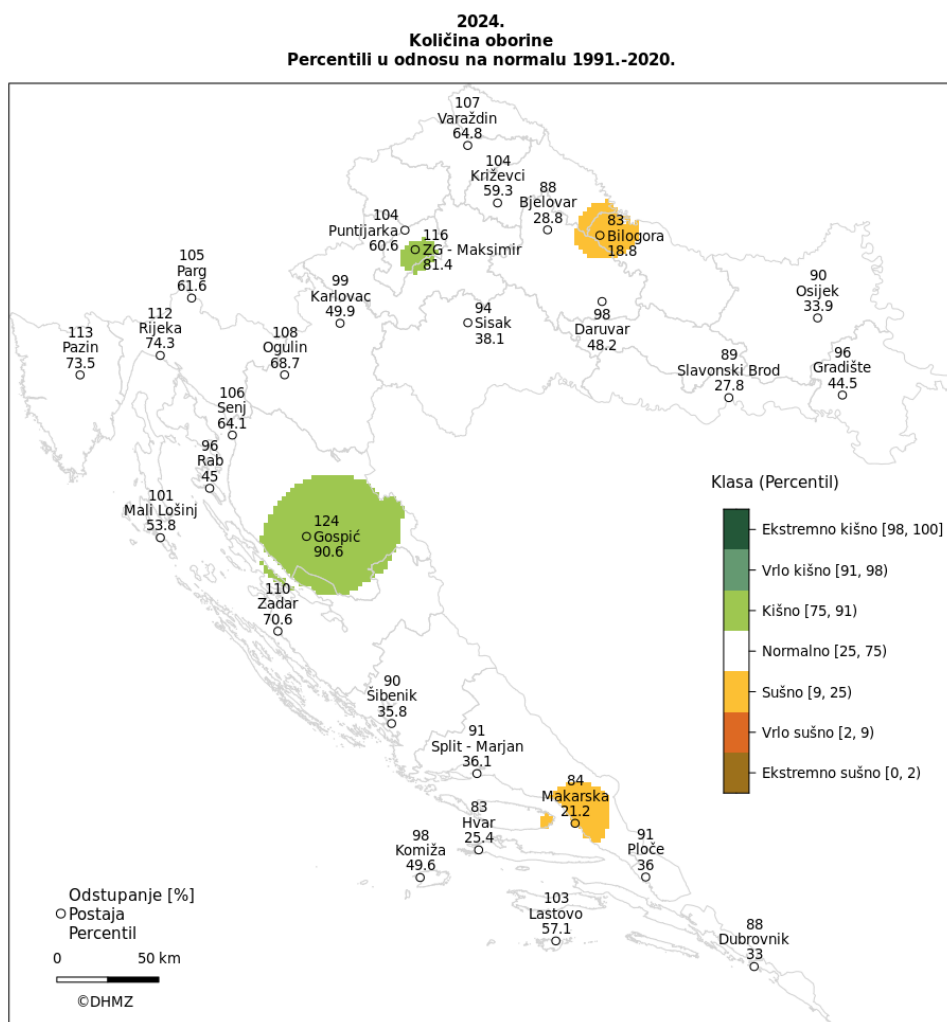
Slika 2. Količina oborine [lm^{-2}] u Republici Hrvatskoj



Slika 3. Količina oborine [lm^{-2}] u Gradu Zagrebu

KOLIČINA OBORINE U 2024. GODINI

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1991.-2020.) pokazuje da je u 2024. godini u Hrvatskoj na većem broju analiziranih postaja oborine bilo normalno u odnosu na prosjek.



Slika 4. Količina oborine 2024. godine u odnosu na normalu 1991.-2020. (Izvor: DHMZ, 2024)

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1991.-2020.) pokazuje da je u 2024. godini u Hrvatskoj na većem broju analiziranih postaja oborine bilo normalno u odnosu na prosjek.

Odstupanja količine oborine u odnosu na normalu 1991. – 2020. nalaze se u rasponu od 82,9 % (Bilogora 697,8mm) do 124,4 % (Gospić 1731,7mm).

Prema raspodjeli percentila, u većini Hrvatske godišnja količina oborine bila je u granicama normale. Kišne prilike prevladale su na području Gospića i Zagreba, a sušne na području Bilogore i Makarske.

Oborina se skuplja svakodnevno (u dane s oborinom) s pomoću lijevaka površine 1 m² postavljenih na jedan metar iznad tla. U dnevnim uzorcima oborine određuje se ukupna beta aktivnost nakon 120 sati od uzorkovanja. Mjerenje beta radioaktivnosti provodi se u antikoincidentnim beta brojaču niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A. Dnevni se uzorci spajaju u mjesečni (tromjesečni odnosno polugodišnji) zbrojni uzorak koji se uparava za potrebe gamaspektrometrijske analize, te za radiokemijsko određivanje stroncija i eventualno drugih radionuklida.

3.B UKUPNA BETA AKTIVNOST OBORINE

UKUPNO, PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

ZAGREB

Mjesec (n)*	Količina oborine Lm ⁻²	Ukupno	Prosjek	Maksimum Bqm ⁻²	Minimum
Siječanj (7)	69,4	2,73	(3,41 ± 0,14)E-1	(8,90 ± 0,25)E-1	(2,50 ± 0,13)E-2
Veljača (6)	32,0	0,92	(2,59 ± 0,27)E-2	(2,38 ± 0,08)E-1	(2,36 ± 0,07)E-2
Ožujak (9)	96,4	2,63	(2,19 ± 0,11)E-1	(7,09 ± 0,22)E-1	(4,33 ± 0,20)E-3
Travanj (7)	48,8	1,12	(1,86 ± 0,06)E-1	(5,13 ± 0,11)E-1	(6,54 ± 0,34)E-3
Svibanj (14)	67,5	1,35	(8,46 ± 0,52)E-2	(3,24 ± 0,14)E-1	(1,34 ± 0,06)E-2
Lipanj (10)	106,5	2,10	(2,10 ± 0,09)E-1	(4,26 ± 0,16)E-1	(5,20 ± 0,22)E-2
Srpanj (3)	60,6	2,47	(6,18 ± 0,23)E-1	(8,11 ± 0,25)E-1	(2,26 ± 0,05)E-1
Kolovoz (5)	95,7	3,63	(6,05 ± 0,23)E-1	(1,32 ± 0,03)E+0	(2,85 ± 0,04)E-2
Rujan (12)	165,9	11,43	(8,79 ± 0,30)E-1	(4,47 ± 0,07)E+0	(1,66 ± 0,04)E-2
Listopad (11)	102,2	1,73	(1,24 ± 0,09)E-1	(5,16 ± 0,25)E-1	(6,67 ± 0,28)E-3
Studen (7)	78,5	1,24	(1,38 ± 0,09)E-1	(3,35 ± 0,11)E-1	(2,62 ± 0,12)E-2
Prosinac (6)	40,3	1,32	(1,65 ± 0,06)E-1	(2,26 ± 0,06)E-1	(1,60 ± 0,05)E-2
Ukupno	963,8	32,67			
Prosjek			(3,00 ± 0,15)E-1		
Maksimum		11,43		(4,47 ± 0,07)E+0	
Minimum		0,92			(4,33 ± 0,20)E-3

*n - broj dana s oborinom u pojedinom mjesecu

Ukupna beta aktivnost mjerena je u dnevnim uzorcima oborine skupljenim u Zagrebu. Jedna litra dnevnog uzorka propušta se preko iono-izmjenjivačke smole koja se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A. Tijekom 2024. godine prosječna vrijednost ukupne beta aktivnosti u oborini iznosila je 0,30 Bqm⁻². Maksimalna ukupna beta aktivnost od 4,47 Bqm⁻² izmjerena je u rujnu, dok je minimalna ukupna beta aktivnost od 4,33 mBqm⁻² izmjerena u ožujku.

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

Gamaspektrometrijska analiza oborine provedena je na tromjesečnim uzorcima skupljenima u Zagrebu i Zadru, te na polugodišnjim uzorcima skupljenima u Bjelovaru, Osijeku, Puli, Rijeci i Dubrovniku.

ZAGREB		⁷ Be	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Mjeseci				
I. - III.	[Bqm ⁻³]	(2,88 ± 0,05)E+2	< 8,75E-1	(1,30 ± 0,13)E+1
	[Bqm ⁻²]	(5,70 ± 0,11)E+1	< 1,73E-1	(2,57 ± 0,25)E+0
IV. - VI.	[Bqm ⁻³]	(5,07 ± 0,06)E+2	< 1,09E+0	(6,21 ± 0,20)E+1
	[Bqm ⁻²]	(1,13 ± 0,01)E+2	< 2,43E-1	(1,38 ± 0,04)E+1
VII. - IX.	[Bqm ⁻³]	(6,24 ± 0,05)E+2	< 7,63E+0	(3,55 ± 0,12)E+1
	[Bqm ⁻²]	(2,01 ± 0,02)E+2	< 2,46E+0	(1,14 ± 0,04)E+1
X. - XII.	[Bqm ⁻³]	(3,13 ± 0,05)E+2	< 8,87E-1	(1,24 ± 0,09)E+1
	[Bqm ⁻²]	(6,91 ± 0,10)E+1	< 1,96E-1	(2,74 ± 0,20)E+0

ZADAR		⁷ Be	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Mjeseci				
I. - III.	[Bqm ⁻³]	(2,66 ± 0,26)E+2	< 6,32E+0	< 6,12E+1
	[Bqm ⁻²]	(8,76 ± 0,87)E+1	< 2,08E+0	< 2,01E+1
IV. - VI.	[Bqm ⁻³]	(5,29 ± 0,07)E+3	< 7,67E+0	< 6,76E+1
	[Bqm ⁻²]	(6,37 ± 0,09)E+2	< 9,22E-1	< 8,13E+0
VII. - IX.	[Bqm ⁻³]	(5,34 ± 1,23)E+1	< 4,05E+1	< 6,61E+1
	[Bqm ⁻²]	(1,67 ± 0,39)E+1	< 1,27E+1	< 2,07E+1
X. - XII.	[Bqm ⁻³]	(2,15 ± 0,24)E+2	< 6,39E+0	< 5,00E+1
	[Bqm ⁻²]	(5,44 ± 0,60)E+1	< 1,62E+0	< 1,27E+1

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

OSIJEK		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	[Bqm ⁻³]	(1,33 ± 0,03)E+3	< 3,41E+0	(3,22 ± 0,20)E+1
	[Bqm ⁻²]	(4,13 ± 0,08)E+2	< 1,06E+0	(1,00 ± 0,06)E+1
VII - XII.	[Bqm ⁻³]	(1,76 ± 0,07)E+3	(4,83 ± 0,69)E+0	(2,19 ± 0,10)E+2
	[Bqm ⁻²]	(5,20 ± 0,20)E+2	(1,43 ± 0,20)E+0	(6,48 ± 0,31)E+1

BJELOVAR		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	[Bqm ⁻³]	(1,44 ± 0,22)E+2	< 3,75E+0	< 4,17E+1
	[Bqm ⁻²]	(3,70 ± 0,56)E+1	< 9,65E+1	< 1,07E+1
VII - XII.	[Bqm ⁻³]	n/p*	< 4,21E+0	(1,51 ± 0,12)E+1
	[Bqm ⁻²]	n/p*	< 1,42E+0	(5,08 ± 0,41)E+0

*nije pronađen radionuklid

PULA		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	[Bqm ⁻³]	(5,16 ± 0,21)E+2	< 2,38E+0	< 2,68E+1
	[Bqm ⁻²]	(2,43 ± 0,10)E+2	< 1,12E+0	< 1,27E+1
VII - XII.	[Bqm ⁻³]	(7,89 ± 0,25)E+2	< 3,14E+0	(5,32 ± 0,37)E+1
	[Bqm ⁻²]	(3,49 ± 0,11)E+2	< 1,39E+0	(2,35 ± 0,17)E+1

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

RIJEKA		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(6,56 \pm 0,22)\text{E}+2$	$< 3,23\text{E}+0$	$< 2,91\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(6,51 \pm 0,22)\text{E}+2$	$< 3,20\text{E}+0$	$< 2,89\text{E}+1$
VII - XII.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(1,19 \pm 0,17)\text{E}+2$	$< 3,36\text{E}+0$	$< 3,69\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(9,70 \pm 1,36)\text{E}+1$	$< 2,74\text{E}+0$	$< 3,01\text{E}+1$

DUBROVNIK		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(9,62 \pm 0,41)\text{E}+2$	$< 6,56\text{E}+0$	$< 6,88\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(3,43 \pm 0,15)\text{E}+2$	$< 2,34\text{E}+0$	$< 2,45\text{E}+1$
VI. - XII.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(2,15 \pm 0,31)\text{E}+2$	$< 5,67\text{E}+0$	$< 5,83\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(1,35 \pm 0,19)\text{E}+2$	$< 3,55\text{E}+0$	$< 3,66\text{E}+1$

3.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U OBORINAMA

^{90}Sr se određuje u zbrojnim mjesečnim (tromjesečnim) uzorcima oborine. Alikvot oborine upari se do suhog. Isparni se ostatak tretira dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a ^{90}Sr se određuje ekstrakcijom TBP-om. Dodaje se itrij nosač (^{90}Y), odvaja se (radioaktivna ravnoteža sa ^{90}Sr) i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

ZAGREB		^{90}Sr
Mjeseci		
I - III.	[Bqm ⁻³]	(3,10 ± 1,43)E-1
	[Bqm ⁻²]	(6,10 ± 2,80)E-2
IV - VI.	[Bqm ⁻³]	< 1,15E-1
	[Bqm ⁻²]	< 2,60E-2
VII - IX.	[Bqm ⁻³]	(1,20 ± 0,60)E-1
	[Bqm ⁻²]	(3,90 ± 1,90)E-2
X - XII.	[Bqm ⁻³]	(1,60 ± 0,75)E-1
	[Bqm ⁻²]	(3,50 ± 1,60)E-2

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima oborina uzorkovanih u Zagrebu u 2024. godini ne odstupaju od prošlogodišnjih vrijednosti.

4. TLO



4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA

Uzimanje uzoraka tla provodi se bušačem promjera 10 cm na površini od 1 m² u slojevima 0 – 5, 5 – 10 i 10 – 15 cm za neobrađeno tlo. Uzorci se suše na 105 °C, prosijavaju kroz sito (2 mm) te pakiraju u Marinelli posude za potrebe gamaspektrometrijske analize.

ZAGREB

Datum uzorkovanja: 30.4.2024.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs		⁴⁰ K	K	
0-5	[Bqkg ⁻¹]	(6,89 ± 0,19)E+0	(3,25 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,05 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²]	(2,63 ± 0,07)E+2	(1,24 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²]	(4,02 ± 0,05)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹]	(1,39 ± 0,03)E+1	(3,85 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,24 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²]	(5,30 ± 0,09)E+2	(1,47 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²]	(4,75 ± 0,05)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹]	(1,83 ± 0,02)E+1	(3,76 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,21 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²]	(6,99 ± 0,08)E+2	(1,43 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²]	(4,64 ± 0,04)E+1

ZADAR

Datum uzorkovanja: 17.5.2024.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs		⁴⁰ K	K	
0-5	[Bqkg ⁻¹]	(7,73 ± 0,19)E+0	(2,45 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹]	(7,94 ± 0,14)E+0
	[Bqm ⁻²]	(2,95 ± 0,07)E+2	(9,37 ± 0,17)E+4	[gm ⁻²]	(3,03 ± 0,05)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹]	(8,01 ± 0,18)E+0	(2,78 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹]	(9,01 ± 0,12)E+0
	[Bqm ⁻²]	(3,06 ± 0,07)E+2	(1,06 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²]	(3,44 ± 0,05)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹]	(6,52 ± 0,13)E+0	(2,80 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹]	(9,05 ± 0,08)E+0
	[Bqm ⁻²]	(2,49 ± 0,05)E+1	(1,07 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²]	(3,46 ± 0,03)E+2

4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA

GOSPIĆ

Datum uzorkovanja: 16.5.2024.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	K
0-5	[Bqkg ⁻¹] (2,48 ± 0,03)E+1	(3,39 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹] (1,10 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (9,47 ± 0,11)E+2	(1,29 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²] (4,19 ± 0,04)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹] (2,70 ± 0,03)E+1	(3,72 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹] (1,20 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (1,03 ± 0,01)E+3	(1,42 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²] (4,59 ± 0,05)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹] (2,82 ± 0,04)E+1	(4,17 ± 0,05)E+2	[gkg ⁻¹] (1,35 ± 0,02)E+1
	[Bqm ⁻²] (1,08 ± 0,01)E+3	(1,59 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²] (5,15 ± 0,07)E+2

OSIJEK

Datum uzorkovanja: 26.4.2024.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	K
0-5	[Bqkg ⁻¹] (1,61 ± 0,01)E+0	(5,35 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹] (1,73 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (6,16 ± 0,50)E+1	(2,05 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²] (6,62 ± 0,05)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹] (7,20 ± 0,99)E-1	(5,09 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹] (1,65 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (2,75 ± 0,04)E+1	(1,94 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²] (6,28 ± 0,05)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹] < 7,62E-1	(5,31 ± 0,05)E+2	[gkg ⁻¹] (1,72 ± 0,02)E+1
	[Bqm ⁻²] < 2,91E+1	(2,03 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²] (6,56 ± 0,06)E+2

4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA

OPUZEN

Datum uzorkovanja: 5.6.2024.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs		⁴⁰ K	K	
0-5	[Bqkg ⁻¹]	(8,34 ± 0,20)E+0	(3,34 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,08 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²]	(3,19 ± 0,08)E+2	(1,28 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²]	(4,13 ± 0,05)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹]	(7,82 ± 0,15)E+0	(3,37 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,09 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²]	(2,99 ± 0,06)E+2	(1,29 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²]	(4,16 ± 0,04)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹]	(6,07 ± 0,13)E+0	(3,39 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,10 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²]	(2,32 ± 0,05)E+2	(1,29 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²]	(4,18 ± 0,04)E+2

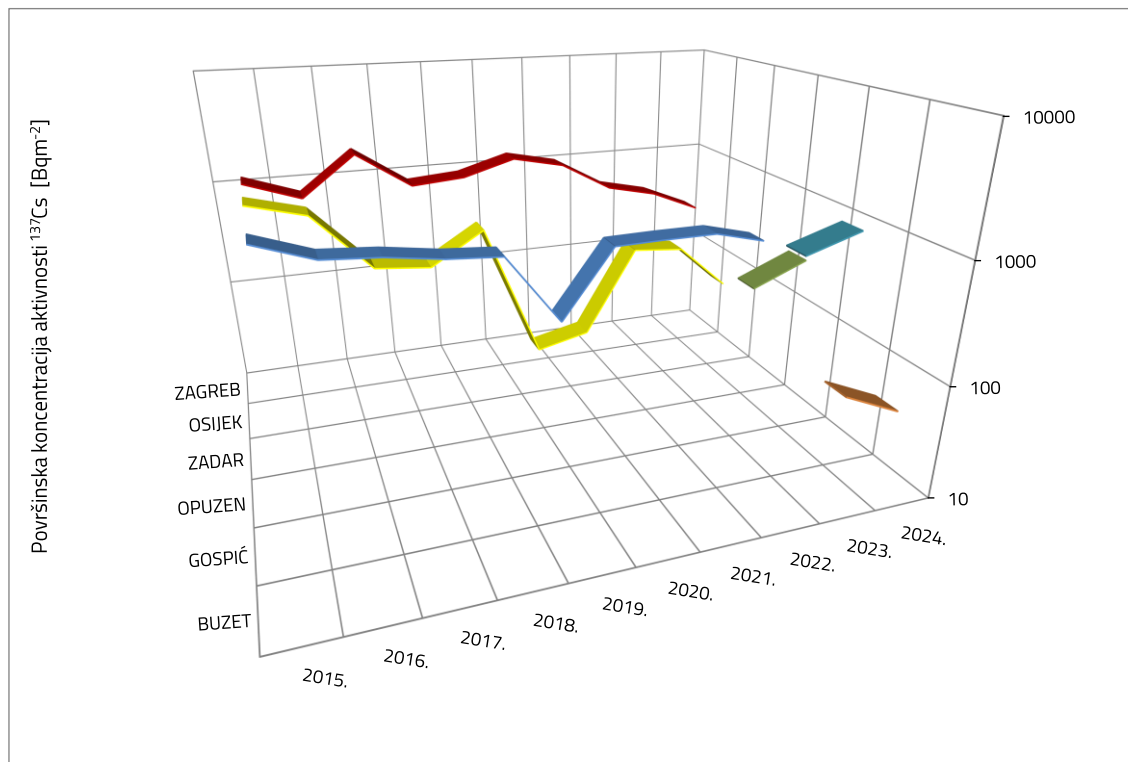
BUZET

Datum uzorkovanja: 6.5.2024.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs		⁴⁰ K	K	
0-5	[Bqkg ⁻¹]	(1,39 ± 0,13)E+0	(5,24 ± 0,05)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,70 ± 0,02)E+1
	[Bqm ⁻²]	(5,29 ± 0,50)E+1	(2,00 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²]	(6,48 ± 0,06)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹]	(2,36 ± 0,18)E+0	(5,32 ± 0,05)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,72 ± 0,02)E+1
	[Bqm ⁻²]	(9,00 ± 0,68)E+1	(2,03 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²]	(6,58 ± 0,07)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹]	(1,46 ± 0,17)E+1	(4,98 ± 0,06)E+2	[gkg ⁻¹]	(1,61 ± 0,02)E+1
	[Bqm ⁻²]	(5,58 ± 0,66)E+1	(1,90 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²]	(6,15 ± 0,07)E+2

4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA

Na Slici 5. prikazane su vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs [Bq/m^2] izmjerenih u prvim slojevima neobrađenog tla od 2015. do 2024. godine. Budući da su lokacije Gospić, Opuzen i Buzet uvedene u *Godišnji program praćenja stanja radioaktivnosti u okolišu RH* tek u 2023. godini, na slici je prikazan trend 2023.-2024.



Slika 5. Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs [Bq/m^2] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs izmjerene u prvim slojevima neobrađenih tala iz Zagreba, Zadra, Osijeka, Opuzena, Gospića i Buzeta istog su reda veličine u odnosu na prosjek proteklih godina.

4.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TLU

Uzorci tla se nakon sušenja, prosijavanja i žarenja obrađuju modificiranom Bryantovom metodom. Kalcij služi kao nosač. Kemijsko iskorištenje stroncija dobije se titracijom kalcija na početku i kraju analize. Itrij se istaloži nakon šesnaest dana i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

ZAGREB

Datum uzorkovanja: 30.4.2024.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(5,67 ± 0,48) E-1	(3,33 ± 0,28) E+1
5 - 10	(8,46 ± 0,55) E-1	(4,84 ± 0,31) E+1
10 - 15	(3,61 ± 0,64) E-1	(2,31 ± 0,41) E+1

ZADAR

Datum uzorkovanja: 17.5.2024.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(4,17 ± 0,71) E-1	(2,86 ± 0,48) E+1
5 - 10	(1,82 ± 0,11) E+0	(8,84 ± 0,54) E+1
10 - 15	(1,27 ± 0,11) E+0	(6,51 ± 0,54) E+1

OSIJEK

Datum uzorkovanja: 26.4.2024.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(3,88 ± 0,55) E-1	(2,23 ± 0,32) E+1
5 - 10	(3,36 ± 0,39) E-1	(1,88 ± 0,22) E+1
10 - 15	(4,17 ± 0,80) E-1	(2,73 ± 0,52) E+1

4.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TLU

GOSPIĆ

Datum uzorkovanja: 16.5.2024.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(3,43 ± 0,18) E+0	(1,68 ± 0,09) E+2
5 - 10	(4,13 ± 0,19) E+0	(1,86 ± 0,09) E+2
10 - 15	(2,80 ± 0,21) E+0	(1,25 ± 0,09) E+2

OPUZEN

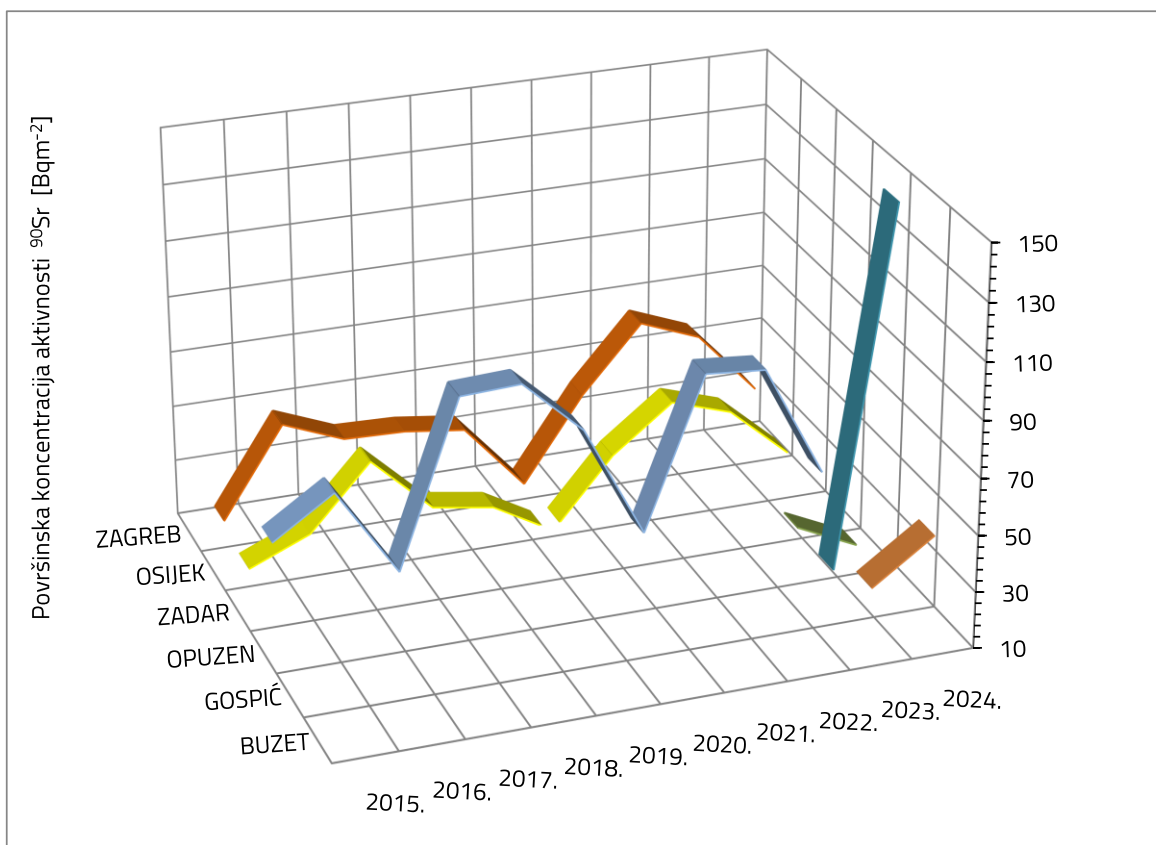
Datum uzorkovanja: 5.6.2024.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(2,80 ± 0,26) E-1	(1,55 ± 0,15) E+1
5 - 10	(6,63 ± 0,66) E-1	(3,58 ± 0,36) E+1
10 - 15	(1,20 ± 0,08) E+0	(8,54 ± 0,56) E+1

BUZET

Datum uzorkovanja: 6.5.2024.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(6,32 ± 0,37) E-1	(4,76 ± 0,28) E+1
5 - 10	(7,63 ± 0,68) E-1	(4,01 ± 0,36) E+2
10 - 15	(8,49 ± 0,47) E-1	(5,51 ± 0,31) E+0

4.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TLU

Na uzorcima prvih slojeva neobrađenih uzoraka tala, u kojima je gamaspektrometrijski analiziran ^{137}Cs , radiokemijskom analizom određen je i ^{90}Sr . Na slici 6. prikazani su trendovi koncentracija aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla.



Slika 6. Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr [Bq/m²] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

Izmjerene koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla nisu se puno mijenjale u odnosu na 2023. godinu na svim lokacijama uzorkovanja i ne odstupaju u odnosu na višegodišnje prosjeke, osim na lokaciji Gospić gdje je koncentracija aktivnosti ^{90}Sr nekoliko puta veća od prošlogodišnje. No, budući da su lokacije Gospić, Opužen i Buzet uvedene u *Godišnji program praćenja stanja radioaktivnosti u okolišu RH* tek u 2023. godini, trebat će duže razdoblje za utvrđivanje stvarnih trendova.

5. RIJEKE



5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RIJEČNIH VODA

Uzorci riječnih voda volumena od 50 L uparavaju se na volumen od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize.

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	¹³¹ I*
[Bqm ⁻³]				
Rijeka SAVA				
ZAGREB	13.2.2024.	< 1,36E+0	(7,46 ± 0,22)E+1	/
	3.4.2024.	< 1,64E+0	(6,85 ± 0,43)E+1	(2,14 ± 0,41)E+0
	28.6.2024.	< 1,32E+0	(3,68 ± 0,21)E+1	< 3,99E+0
	29.8.2024.	< 1,93E+1	(6,55 ± 0,35)E+1	/
	30.10.2024.	< 1,70E+0	(4,31 ± 0,26)E+1	(8,34 ± 1,67)E+0
	10.12.2024	< 1,64E+0	(4,94 ± 0,35)E+1	(6,82 ± 0,53)E+0
HARMICA	1.2.2024.	< 1,75E+0	(6,65 ± 0,31)E+1	/
	3.4.2024.	< 1,68E+0	(6,47 ± 0,29)E+1	/
	28.6.2024.	< 1,39E+0	(9,08 ± 0,33)E+1	/
	27.8.2024.	< 1,84E+0	(1,10 ± 0,04)E+2	/
	30.10.2024.	< 1,04E+0	(5,04 ± 0,25)E+1	/
	4.12.2024.	< 1,28E+0	(5,75 ± 0,27)E+1	/
SISAK	13.2.2024.	< 1,73E+0	(5,65 ± 0,28)E+1	(4,93 ± 0,64)E+0
	30.4.2024.	< 1,83E+0	(5,05 ± 0,29)E+1	(1,59 ± 0,12)E+1
	3.7.2024.	< 1,67E+0	(7,09 ± 0,36)E+1	(1,04 ± 0,19)E+1
	27.8.2024.	< 1,58E+0	(8,00 ± 0,37)E+1	(3,45 ± 0,11)E+1
	24.10.2024.	< 1,65E+0	(5,88 ± 0,28)E+1	(1,78 ± 0,11)E+1
	4.12.2024.	< 1,85E+0	(6,67 ± 0,29)E+1	(1,00 ± 0,06)E+1
ŽUPANJA	25.4.2024.	< 1,58E+0	(5,37 ± 0,30)E+1	(9,39 ± 1,13)E+0
	12.9.2024.	< 2,10E+0	(7,67 ± 0,31)E+1	(1,01 ± 0,14)E+1

* / = nije pronađen

5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RIJEČNIH VODA

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	

Rijeka DRAVA

VARAŽDIN	30.4.2024.	< 1,44E+0	(3,34 ± 0,20)E+1
	24.10.2024.	< 1,67E+0	(6,44 ± 0,32)E+1
OSIJEK	26.4.2024.	< 1,60E+0	(6,87 ± 0,30)E+1
	12.9.2024.	< 1,41E+0	(6,46 ± 0,31)E+1

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	

Rijeka DUNAV

BATINA	25.4.2024.	< 1,74E+0	(7,45 ± 0,37)E+1
	12.9.2024.	< 1,71E+0	(9,46 ± 0,35)E+1
VUKOVAR	25.4.2024.	< 1,61E+0	(8,62 ± 0,36)E+1
	12.9.2024.	(4,00 ± 0,27)E+0	(1,65 ± 0,05)E+2

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	

Rijeka NERETVA

OPUZEN	5.9.2024.	< 1,77E+0	(2,08 ± 0,05)E+2
--------	-----------	-----------	------------------

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	

Rijeka KRKA

SKRADIN	4.9.2024.	< 1,49E+0	(1,48 ± 0,13)E+1
---------	-----------	-----------	------------------

5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RIJEČNIH VODA

Gamaspektrometrijska analiza provedena je na jednokratno skupljenim uzorcima voda rijeke Drave (Varaždin i Osijek), rijeke Save (Harmica, Sisak, Zagreb i Županja), rijeke Dunav (Batina i Vukovar), rijeke Neretve (Opuzen) i rijeke Krke (Skradin). Na svim lokacijama izmjerene koncentracije aktivnosti ^{137}Cs bile su ispod granice detekcije, osim u rijeci Dunav kod Vukovara gdje je izmjereno $4,00 \text{ Bqm}^{-3}$ u rujnu. Koncentracija aktivnosti prirodnog ^{40}K u uzorcima riječnih voda kretala se od $2,14 \text{ Bqm}^{-3}$ u vodi rijeke Save u Zagrebu u travnju 2024. godine do 208 Bqm^{-3} u rijeci Neretvi u Opuzenu u rujnu 2024. godine. U rijeci Savi u Zagrebu i nizvodno (Sisak i Županja) redovito je izmjeren ^{131}I iznad granica detekcije o čemu je obaviještena inspekcija MUP-a.

5.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U RIJEČNIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstranjuju primjese, a stroncij se određuje standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača, te temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
<i>Rijeka Sava</i>		
ZAGREB	13.2.2024.	$(1,16 \pm 0,19)\text{E}+0$
	3.4.2024.	$(3,40 \pm 2,10)\text{E}-1$
	28.6.2024.	$< 1,80 \text{ E}-1$
	29.8.2024.	$(5,32 \pm 0,40)\text{E}+0$
HARMICA	1.2.2024.	$(1,90 \pm 0,90)\text{E}-1$
	3.4.2024.	$< 1,80 \text{ E}-1$
	28.6.2024.	$(6,80 \pm 2,30)\text{E}-1$
	27.8.2024.	$(2,42 \pm 0,36)\text{E}+0$
SISAK	13.2.2024.	$(1,08 \pm 0,20)\text{E}+0$
	30.4.2024.	$(3,37 \pm 0,30)\text{E}+0$
	3.7.2024.	$(3,20 \pm 2,50)\text{E}-1$
	27.8.2024.	$(1,41 \pm 0,23)\text{E}+0$
ŽUPANJA	25.4.2024.	$(1,01 \pm 0,24)\text{E}+0$
	12.9.2024.	$(1,21 \pm 0,19)\text{E}+0$

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
--------	-------------------	--

Rijeka DRAVA

VARAŽDIN	30.4.2024.	$(4,15 \pm 0,26)\text{E}+0$
	24.10.2024.	$(2,99 \pm 0,28)\text{E}+0$
OSIJEK	26.4.2024.	$(6,62 \pm 0,36)\text{E}+0$
	12.9.2024.	$(1,73 \pm 0,28)\text{E}+0$

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
--------	-------------------	--

Rijeka DUNAV

VUKOVAR	25.4.2024.	$(2,36 \pm 0,20)\text{E}+0$
	12.9.2024.	$(4,60 \pm 2,20)\text{E}-1$
BATINA	25.4.2024.	$(3,56 \pm 0,31)\text{E}+0$
	12.9.2024.	$(4,90 \pm 2,10)\text{E}-1$

6. JEZERA



6.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA JEZERSKIH VODA

Jednokratni uzorci jezerskih voda volumena od 50 L uparavaju se na volumen od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs [Bqm ⁻³]	^{40}K
<i>Plitvička jezera</i>			
KOZJAK	4.6.2024.	< 1,52E+0	< 1,40E+1
	2.10.2024.	< 1,55E+0	(2,00 ± 0,14)E+1
<i>Vransko jezero</i>			
VRANA	16.5.2024.	< 1,54E+0	(8,71 ± 0,18)E+2
	3.10.2024.	< 1,36E+0	(5,18 ± 0,07)E+2

6.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U JEZERSKIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstranjuju primjese, a stroncij se određuje standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača, te temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm ⁻³]
<i>Plitvička jezera</i>		
KOZJAK	4.6.2024.	< 1,80E-1
<i>Vransko jezero</i>		
VRANA	16.5.2024.	(6,00 ± 1,30)E-1

7. MORE



7.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MORA

Uzorak od dvadeset do trideset litara mora uzima se jednokratno te se uparava na volumen od jedne litre. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak stoji šezdeset i šest dana prije mjerenja kako bi se u uzorku postigla ravnoteža radijevih potomaka nakon čega se provodi gamaspektrometrijska analiza. Sadržaj kalija određuje se gravimetrijski, taloženjem kalignostom (Na-tetrafenilborat).

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs / [Bqm ⁻³]	K / [gm ⁻³]
PULA	6.5.2024.	< 5,17E+0	447
	11.10.2024.	< 4,88E+0	311
PLOMINSKI ZALJEV	7.5.2024.	< 4,57E+0	166
	14.11.2024.	< 6,00E+0	351
RIJEKA	7.5.2024.	< 5,86E+0	376
	11.10.2024.	< 2,54E+1	173
ZADAR	17.5.2024.	< 4,75E+0	209
	3.10.2024.	< 5,11E+0	218
KAŠTELANSKI ZALJEV	6.6.2024.	< 5,56E+0	405
	6.9.2024.	< 5,60E+0	333
SPLIT	6.6.2024.	< 6,24E+0	452
	5.9.2024.	< 6,19E+0	372
DUBROVNIK	5.6.2024.	< 5,33E+0	404
	5.9.2024.	< 5,53E+0	325

Morska voda uzorkovana je duž cijele jadranske obale, u Puli, Rijeci, Plominskom zaljevu, Zadru, Kaštelanskom zaljevu, Splitu i Dubrovniku. Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs bile su ispod granice detekcije.

7.1.R SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{226}Ra u MORSKOJ VODI

U jednokratnim uzorcima morske vode provodi se specifično određivanje ^{226}Ra uz dodatak barijevog nosača. Radij se nakon čišćenja i taloženja određuje brojanjem na alfaspektrometru pomoću Si detektora (PIPS detektor: površine 450 mm², rezolucije za ^{241}Am od 19 keV).

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{226}Ra / [Bqm ⁻³]
PLOMINSKI	7.5.2024.	(9,59 ± 2,87)E+0
ZALJEV	14.11.2024.	(1,67 ± 0,44)E+1
KAŠTELANSKI	6.6.2024.	(1,65 ± 0,57)E+1
ZALJEV	6.9.2024.	< 1,82E+1

Koncentracije aktivnosti ^{226}Ra u uzorcima morske vode u RH ne odstupaju u odnosu na 2023. godinu.

7.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr u MORSKOJ VODI

Ukupno 90 L uzorka mora miješati se 4 h kako bi se istaložili oksalati. Talog se nakon sušenja na 80 °C spaljuje u peći na 850 °C tijekom 10h. Stroncij se određuje radiokemijski, taloženjem ^{90}Y (s kojim je u ravnoteži), koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr / [Bqm ⁻³]
PULA	6.5.2024.	(5,13 ± 0,39)E-1
RIJEKA	7.5.2024.	(5,50 ± 0,39)E-1
KAŠTELA	6.6.2024.	(3,66 ± 0,39)E-1
DUBROVNIK	5.6.2024.	(6,16 ± 0,46)E-1

Izmjerene vrijednosti koncentracija ^{90}Sr u uzorcima morske vode iz Pule, Rijeke, Kaštela i Dubrovnika ne razlikuju se značajno od vrijednosti izmjerenih prošlih godina.

7.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MORSKIH MOBILNIH INDIKATORSKIH ORGANIZAMA

Jednokratno skupljeni uzorci indikatorskih organizama spaljuju se postupno u peći na 400 °C. Volumni alikvot pepela mjeri se gamaspektrometrijski.

Mjesto	Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
			[Bqkg ⁻¹]	
PULA	Muzgavci	7.5.2024.	< 5,20E-2	(7,69 ± 0,05)E+1
RIJEKA	Muzgavci	6.5.2024.	< 3,50E-2	(6,71 ± 0,03)E+1
ZADAR (NOVIGRADSKO MORE)	Muzgavci	3.10.2024.	< 4,94E-2	(4,33 ± 0,04)E+1
SPLIT	Muzgavci	6.6.2024.	< 6,52E-2	(9,25 ± 0,07)E+1
KAŠTELA	Muzgavci	6.6.2024.	< 8,56E-2	(7,67 ± 0,07)E+1
PLOMINSKI ZALJEV	Muzgavci	19.9.2024.	< 4,99E-2	(4,46 ± 0,04)E+1
DUBROVNIK	Muzgavci	4.11.2024.	< 6,42E-2	(7,76 ± 0,05)E+1

Kako bi se dobila potpunija slika o radioaktivnoj kontaminaciji mora, analizirani su i jednokratno skupljeni bioindikatorski organizmi u Puli, Plominskom zaljevu, Rijeci, Novigradskom moru, Splitu, Kaštelama, Neretvanskom zaljevu te Dubrovniku. Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima muzgavaca ispod su granica detekcije.

7.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MORSKIM MOBILNIM INDIKATORSKIM ORGANIZMIMA

Uzorci morskih indikatorskih organizama suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu koji se otapa u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Mjesto	Vrsta	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqkg ⁻¹]
PULA	Muzgavci	7.5.2024.	(9,05 ± 1,56)E-2
RIJEKA	Muzgavci	6.5.2024.	(3,14 ± 1,47)E-2
ZADAR (NOVIGRADSKO MORE)	Muzgavci	3.10.2024.	(1,03 ± 0,25)E-1
SPLIT	Muzgavci	6.6.2024.	(9,23 ± 1,83)E-2

8. VODA ZA PIĆE

8.1. VODOVODNA VODA

8.2. SPREMNICI ZA KIŠNICU



8.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA VODOVODNIH VODA

Uzorci vodovodne vode u Zagrebu skupljaju se svakodnevno po jednu litru i spajaju u zbrojni tromjesečni uzorak, ukupno oko 90 L. Tako skupljeni uzorci upareni su do volumena od jedne litre i analizirani gamaspektrometrijski. U ostalim mjestima uzimanje uzoraka je provedeno jednokratno (volumena oko 50 L).

ZAGREB

Mjesec	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
	[Bqm ⁻³]	
I.-III.	< 8,42E-1	(5,03 ± 0,22)E+1
IV.-VI.	< 1,07E+0	(4,27 ± 0,20)E+1
VII.-IX.	< 1,04E+0	(4,08 ± 0,20)E+1
X.-XII.	< 1,20E+0	(5,42 ± 0,24)E+1

JEDNOKRATNI UZORCI

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs / [Bqm ⁻³]
OSIJEK	26.4.2024.	< 1,51E+0
RIJEKA	7.5.2024.	< 1,54E+0
SPLIT	6.6.2024.	< 2,00E+0
DUBROVNIK	5.6.2024.	< 1,59E+1

Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u svim tromjesečnim i jednokratnim uzorcima vodovodnih voda bile su ispod granica detekcije.

8.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U VODOVODNOJ VODI

Upareni ostatak zbrojnog tromjesečnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstranjuju primjese te se standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

ZAGREB

Mjesec	^{90}Sr / [Bqm^{-3}]
I.-III.	$< 1,20\text{E}-1$
IV.-VI.	$< 1,30\text{E}-1$
VII.-IX.	$< 1,10\text{E}-1$
X.-XII.	$(1,20 \pm 0,5)\text{E}-1$

JEDNOKRATNI UZORCI

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr / [Bqm^{-3}]
OSIJEK	26.4.2024.	$< 2,40\text{E}-1$
RIJEKA	7.5.2024.	$(4,96 \pm 2,12)\text{E}-1$
SPLIT	6.6.2024.	$(4,16 \pm 2,03)\text{E}-1$
DUBROVNIK	5.6.2024.	$(3,07 \pm 0,94)\text{E}+0$

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima vodovodne vode u Zagrebu ispod su granica detekcije osim u zadnjem tromjesečju kada su bile istog reda veličine u odnosu na 2023. godinu.

8.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA VODA IZ SPREMNIKA ZA KIŠNICU

Iz spremnika za kišnicu jednokratno se uzima uzorak volumena od 25 do 50 L i uparava do volumena od jedne litre za potrebe gamaspektrometrijske analize. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak ostavi se stajati šezdeset i šest dana prije mjerenja, kako bi u uzorku bila postignuta ravnoteža radijevih potomaka.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs [Bqm^{-3}]
BALE	10.10.2024.	< 1,65E+0
DOLI	5.9.2024.	< 1,82E+0
MARINA	4.9.2024.	< 1,79E+0
PAG	2.10.2024.	< 1,79E+0

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima cisternskih voda bile su ispod granica detekcije.

8.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U VODAMA IZ SPREMNIKA ZA KIŠNICU

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese te se standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
BALE	10.10.2024.	$(5,45 \pm 0,38)\text{E}+0$
DOLI	5.9.2024.	$(3,31 \pm 0,35)\text{E}+0$
MARINA	4.9.2024.	$(1,55 \pm 0,36)\text{E}+0$
PAG	2.10.2024.	$(5,60 \pm 2,50)\text{E}-1$

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima kišnice bile su istog reda veličine u odnosu na 2023. godinu.

9. TERMALNE VODE



9.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TERMALNIH VODA

Uzorci volumena približno 50 L uzimaju se jednokratno. Uzorci se zatim uparavaju do volumena od jedne litre za gamaspektrometrijsku analizu. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak ostavi se stajati šezdeset i šest dana prije mjerenja, kako bi u uzorku bila postignuta ravnoteža radijevih potomaka.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs / [Bqm^{-3}]
ISTARSKE TOPLICE	10.10.2024.	$< 4,17\text{E}+0$
TUHELJSKE TOPLICE	30.10.2024.	$< 3,53\text{E}+0$
BIZOVAČKE TOPLICE	13.9.2024.	$< 3,83\text{E}+0$

9.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U TERMALNIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese te se standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
ISTARSKE TOPLICE	10.10.2024.	$(5,59 \pm 0,35)\text{E}+0$
TUHELJSKE TOPLICE	30.10.2024.	$< 3,00\text{E}-1$
BIZOVAČKE TOPLICE	13.9.2024.	$< 4,50\text{E}-1$

10. MINERALNE IZVORSKE VODE



10.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MINERALNIH IZVORSKIH VODA

Uzorci volumena približno 50 L uzimaju se jednokratno. Uzorci se zatim uparavaju do volumena od jedne litre za gamaspektrometrijsku analizu. Pripremljen i u nepropusne posude zapakiran uzorak ostavi se stajati šezdeset i šest dana prije mjerenja, kako bi u uzorku bila postignuta ravnoteža radijevih potomaka.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs / [Bqm^{-3}]
JAMNICA	15.10.2024.	< 2,20E+0
JANA	15.10.2024.	< 1,76E+0

10.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MINERALNIM IZVORSKIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese te se standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
JAMNICA	15.10.2024.	< 1,90E-1
JANA	15.10.2024.	(1,89 ± 0,19)E+0

11. PREHRAMBENI ARTIKLI

11.1. MLIJEKO

11.2. OSTALA LJUDSKA HRANA

11.3. CJELOVITI OBROCI HRANE



11.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

Skupljani su dnevni uzorci mlijeka i spajani u zbrojne mjesečne ili dvomjesečne, koji se spaljuju pod infracrvenim lampama, a potom u peći postupno na 400 °C. Na alikvotu pepela provodi se gamaspektrometrijska analiza.

MLJEKARA - ZAGREB

Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[BqL ⁻¹]	[Bqg ⁻¹ (K)]
Siječanj	< 1,76E-2	-
Veljača	(2,34 ± 0,29)E-2	(1,35 ± 0,17)E-2
Ožujak	(2,47 ± 0,29)E-2	(1,44 ± 0,17)E-2
Travanj	< 1,84E-2	-
Svibanj	< 1,79)E-2	-
Lipanj	(2,17 ± 0,27)E-2	(1,32 ± 0,16)E-2-
Srpanj	< 1,79E-2	-
Kolovoz	< 2,31E-2	-
Rujan	(2,74 ± 0,29)E-2	(1,56 ± 0,16)E-2
Listopad	< 1,73E-2	-
Studen	< 1,79E-2	-
Prosinac	(2,04 ± 0,28)E-2	(1,18 ± 0,16)E-2

11.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA - OSIJEK

Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[BqL ⁻¹]	[Bqg ⁻¹ (K)]
I.-II.	< 1,91E-2	-
III.-IV.	< 2,37E-2	-
V.-VI.	< 2,45E-2	-
VII.-VIII.	< 1,80E-2	-
IX.-X.	< 2,86E-2	-
XI.-XII.	< 1,86E-2	-

MLJEKARA - ZADAR

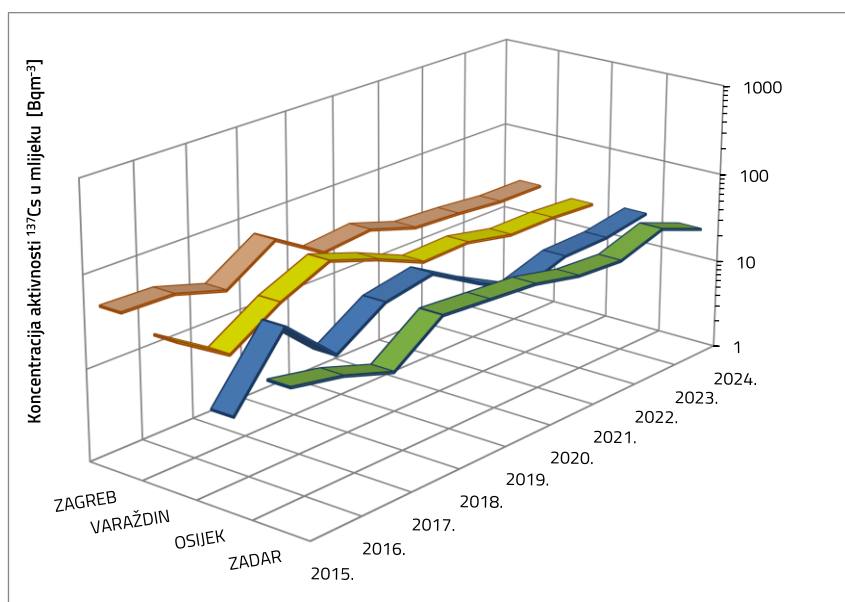
Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[BqL ⁻¹]	[Bqg ⁻¹ (K)]
I.-II.	(2,40 ± 0,28)E-2	(1,42 ± 0,16)E-2
III.-IV.	(2,69 ± 0,28)E-2	(1,52 ± 0,16)E-2
V.-VI.	(2,11 ± 0,27)E-2	(1,23 ± 0,16)E-2
VII.-VIII.	< 2,17E-2	-
IX.-X.	< 2,15E-2	-
XI.-XII.	(1,10 ± 0,21)E-2	(8,25 ± 1,58)E-3

11.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA – VARAŽDIN

Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[BqL ⁻¹]	[Bqg ⁻¹ (K)]
I.-II.	< 1,75E-2	-
III.-IV.	(2,91 ± 0,45)E-2	(1,36 ± 0,21)E-2
V.-VI.	< 1,74E-2	-
VII.-VIII.	(2,06 ± 0,29)E-2	(1,09 ± 0,15)E-2
IX.-X.	< 1,67E-2	-
XI.-XII.	< 1,79E-2	-

Gamaspektrometrijske analize provedene su na zbrojnim mjesečnim (Zagreb) i dvomjesečnim uzorcima skupljenima u mljekarama u Osijeku, Zadru, i Varaždinu. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs prikazane su na Slici 7. i ne odstupaju značajno u odnosu na 2023. godinu.



Slika 7. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

11.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

Mjesečni su uzorci mlijeka spaljeni na 650 °C. Alikvot pepela otopi se u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

MLJEKARA – ZAGREB

Mjesec	^{90}Sr [BqL ⁻¹]
Siječanj	(2,00 ± 0,33)E-2
Veljača	(1,98 ± 0,32)E-2
Ožujak	(2,03 ± 0,30)E-2
Travanj	(1,61 ± 0,21)E-2
Svibanj	(1,97 ± 0,22)E-2
Lipanj	(2,34 ± 0,32)E-2
Srpanj	(2,19 ± 0,36)E-2
Kolovoz	(3,60 ± 0,39)E-2
Rujan	(2,02 ± 0,34)E-2
Listopad	(2,69 ± 0,36)E-2
Studen	(2,02 ± 0,33)E-2
Prosinac	(2,04 ± 0,35)E-2

11.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA – OSIJEK

Mjesec	^{90}Sr [BqL ⁻¹]
I. - II.	$(1,82 \pm 0,34)\text{E-2}$
III.-IV.	$(1,53 \pm 0,31)\text{E-2}$
V.-VI.	$(1,33 \pm 0,38)\text{E-2}$
VII.-VIII.	$(1,48 \pm 0,32)\text{E-2}$
IX.-X.	$(1,36 \pm 0,24)\text{E-2}$
XI. - XII.	$(1,29 \pm 0,27)\text{E-2}$

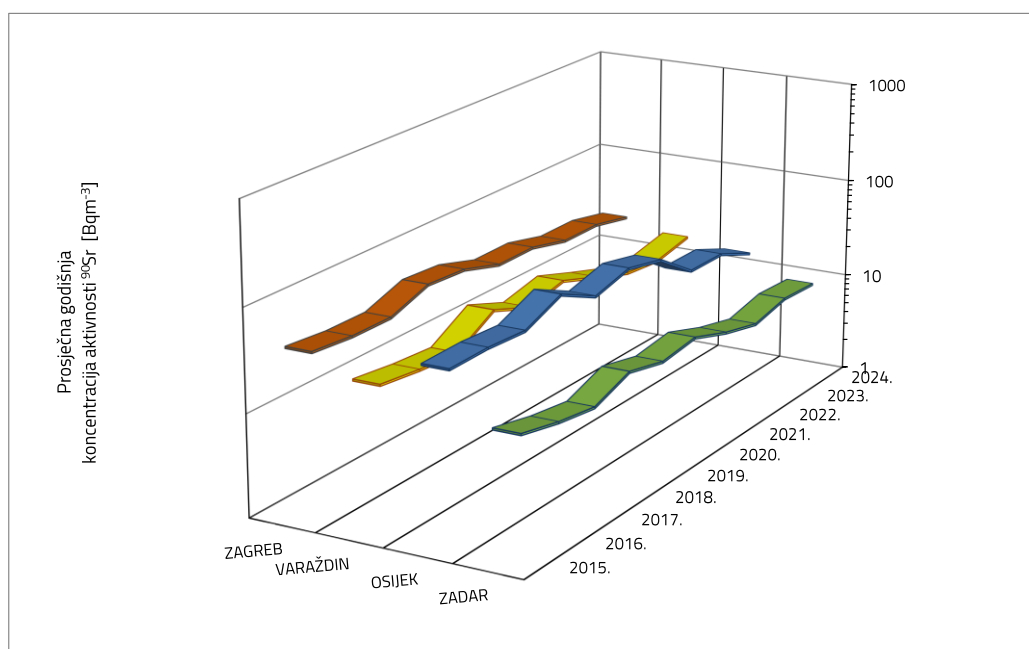
MLJEKARA – ZADAR

Mjesec	^{90}Sr [BqL ⁻¹]
I. - II.	$(1,03 \pm 0,29)\text{E-2}$
III.-IV.	$(6,00 \pm 2,50)\text{E-3}$
V.-VI.	$(8,10 \pm 2,90)\text{E-3}$
VII.-VIII.	$(1,80 \pm 0,41)\text{E-2}$
IX.-X.	$(6,00 \pm 2,10)\text{E-3}$
XI. - XII.	$(5,10 \pm 2,80)\text{E-3}$

11.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA - VARAŽDIN

Mjesec	^{90}Sr [BqL ⁻¹]
I. - II.	(1,42 ± 0,35) E-2
III.-IV.	(1,64 ± 0,33) E-2
V.-VI.	(2,32 ± 0,35) E-2
VII.-VIII.	(1,86 ± 0,32) E-2
IX.-X.	(1,53 ± 0,36) E-2
XI. - XII.	(1,53 ± 0,28) E-2



Slika 8. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima mlijeka ne odstupaju u odnosu na 2023. godinu.

11.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

Uzorci ljudske hrane uzimaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se postupno u peći na 400 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsku analizu.

REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
Salata	9.4.2024.	< 1,62E-2	(6,89 ± 0,02)E+1
Blitva	9.4.2024.	< 2,71E-2	(1,13 ± 0,03)E+2
Krumpir	25.9.2024.	(3,74 ± 0,35)E-2	(1,15 ± 0,03)E+2
Kupus	25.9.2024.	< 1,76E-2	(7,62 ± 0,02)E+1
Jaja	9.4.2024.	< 2,81E-2	(3,81 ± 0,02)E+1
Grah	25.9.2024.	< 1,30E-1	(2,77 ± 0,02)E+2
Jabuke	25.9.2024.	< 1,31E-2	(3,98 ± 0,01)E+1
Šljive	25.9.2024.	(3,25 ± 0,39)E-2	(5,63 ± 0,03)E+1
Pšenično brašno	25.9.2024.	< 3,30E-2	(4,99 ± 0,03)E+1
Kukuruzno brašno	25.9.2024.	(8,83 ± 0,64)E-2	(9,02 ± 0,04)E+1
Junetina	25.9.2024.	(1,43 ± 0,10)E-1	(1,24 ± 0,01)E+2
Svinjetina	25.9.2024.	(5,28 ± 0,79)E-2	(1,11 ± 0,01)E+2
Piletina	9.4.2024.	< 4,04E-2	(1,21 ± 0,01)E+2
Divljač	3.12.2024.	(4,87 ± 0,16)E-1	(9,60 ± 0,05)E+1
Riba/pastrva	11.4.2024.	< 7,72E-2	(1,27 ± 0,01)E+2

11.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
Salata	26.4.2024.	< 2,03E-2	(1,02 ± 0,01)E+2
Krumpir	13.9.2024.	< 2,67E-2	(1,50 ± 0,01)E+2
Jabuke	13.9.2024.	< 1,20E-2	(4,00 ± 0,02)E+1
Kupus	13.9.2024.	< 1,87E-2	(9,72 ± 0,02)E+1
Grah	13.9.2024.	< 1,52E-1	(4,96 ± 0,02)E+2
Jaja	26.4.2024.	< 3,83E-2	(4,43 ± 0,04)E+1
Šljive	13.9.2024.	(2,17 ± 0,32)E-2	(4,68 ± 0,02)E+1
Pšenično brašno	13.9.2024.	< 3,27E-2	(3,75 ± 0,03)E+1
Kukuruzno brašno	13.9.2024.	< 3,30E-2	(4,69 ± 0,03)E+1
Junetina	13.9.2024.	< 5,48E-2	(1,15 ± 0,01)E+2
Svinjetina	13.9.2024.	< 3,81E-2	(8,68 ± 0,04)E+1
Piletina	26.4.2024.	< 5,12E-2	(1,20 ± 0,01)E+2
Riba/šaran	26.4.2024.	< 3,51E-2	(7,68 ± 0,04)E+1

11.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

PRIOBALNA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
Salata	17.5.2024.	< 2,83E-2	(6,70 ± 0,03)E+1
Kupus	3.10.2024.	<1,59E-2	(6,65 ± 0,02)E+1
Krumpir	3.10.2024.	< 4,11E-2	(1,60 ± 0,01)E+2
Jabuke	3.10.2024.	< 1,53E-2	(5,49 ± 0,02)E+1
Grah	3.10.2024.	< 1,72E-1	(6,29 ± 0,03)E+2
Jaja	17.5.2024.	< 2,55E-2	(3,30 ± 0,02)E+1
Blitva	17.5.2024.	< 2,47E-2	(1,06 ± 0,01)E+2
Janjetina	17.5.2024.	(1,23 ± 0,08)E-1	(9,70 ± 0,05)E+1
Riba/srdela	17.5.2024.	(1,10 ± 0,16)E-1	(1,22 ± 0,01)E+2

Gamaspektrometrijske analize provedene su na uzorcima povrća (salata, grah, kupus, krumpir i blitva), voća (jabuke, šljive), mesa (junetina, janjetina, piletina), jaja, riba (šaran, pastrva, srdela). Srednje aktivnosti ¹³⁷Cs, neovisno o lokaciji skupljanja uzoraka, ne odstupaju značajno u odnosu na protekle godine.

11.2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U LJUDSKOJ HRANI

Uzorci ljudske hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu koji se otapa u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqkg ⁻¹]
Salata	9.4.2024.	(4,25 ± 0,37)E-2
Blitva	9.4.2024.	(4,86 ± 0,59)E-2
Krumpir	25.9.2024.	(3,50 ± 0,44)E-2
Kupus	25.9.2024.	(3,60 ± 1,24)E-2
Jaja	9.4.2024.	(5,20 ± 3,40)E-3
Grah	25.9.2024.	(1,30 ± 0,13)E-1
Jabuke	25.9.2024.	(1,26 ± 0,15)E-2
Šljive	25.9.2024.	(3,20 ± 0,59)E-2
Pšenično brašno	25.9.2024.	(6,97 ± 0,51)E-2
Kukuruzno brašno	25.9.2024.	(6,60 ± 4,30)E-3
Junetina	25.9.2024.	< 6,10E-3
Svinjetina	25.9.2024.	< 6,30E-3
Piletina	9.4.2024.	< 1,14E-2
Divljač	3.12.2024.	(1,36 ± 0,45)E-2
Riba/pastrva	11.4.2024.	(4,03 ± 1,13)E-2

SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	⁹⁰ Sr
		[Bqkg ⁻¹]
Salata	26.4.2024.	(9,12 ± 0,92)E-2
Krumpir	13.9.2024.	(1,25 ± 0,61)E-2
Jabuke	13.9.2024.	(1,05 ± 0,16)E-2
Kupus	13.9.2024.	(1,15 ± 0,30)E-1
Grah	13.9.2024.	(1,08 ± 0,26)E-1
Jaja	26.4.2024.	< 6,30E-3
Šljive	13.9.2024.	(1,43 ± 0,49)E-2
Pšenično brašno	13.9.2024.	(2,95 ± 0,32)E-2
Kukuruzno brašno	13.9.2024.	< 3,50E-3
Junetina	13.9.2024.	< 7,90E-3
Svinjetina	13.9.2024.	< 1,56E-2
Piletina	26.4.2024.	< 9,80E-3
Riba/šaran	26.4.2024.	(1,69 ± 0,16)E-1

11.2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U LJUDSKOJ HRANI

PRIOBALNA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqkg ⁻¹]
Salata	17.5.2024.	(7,74 ± 0,77)E-2
Kupus	3.10.2024.	(1,81 ± 0,18)E-1
Krumpir	3.10.2024.	(2,49 ± 0,53)E-2
Jabuke	3.10.2024.	(5,20 ± 1,70)E-3
Grah	3.10.2024.	(2,43 ± 0,27)E-1
Jaja	17.5.2024.	(2,02 ± 0,50)E-2
Blitva	17.5.2024.	(3,01 ± 0,66)E-2
Janjetina	17.5.2024.	(4,70 ± 0,76)E-2
Riba/srdela	17.5.2024.	< 2,34E-2

Radiokemijska analiza ^{90}Sr provedena je na istim uzorcima ljudske hrane na kojima je provedena gamaspektrometrijska analiza. Srednje aktivnosti ^{90}Sr , neovisno o lokaciji skupljanja uzoraka, ne odstupaju u odnosu na 2023. godinu.

11.3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA CJELOVITIH OBROKA HRANE

Uzorci cjelovitih obroka hrane skupljaju se dnevno tijekom jednog tjedna. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, uzorci se postupno spaljuju u peći na 400 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsku analizu.

CJELOVITI OBROCI HRANE		¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
UZORAK	Vrijeme uzorkovanja	[Bqkg ⁻¹]	
Dječji vrtić 1	25.11. - 29.11.2024.	(1,03 ± 0,04)E-1	(5,38 ± 0,02)E+1
Dječji vrtić 2	25.11. - 29.11.2024.	< 2,29E-2	(3,80 ± 0,02)E+1
Dječji vrtić 3	9.12. - 13.12.2024.	(1,70 ± 0,06)E-1	(5,17 ± 0,03)E+1
Dječji vrtić 4	9.12. - 13.12.2024.	< 2,97E-2	(5,42 ± 0,03)E+1
Dječji vrtić 5	16.12. - 19.12.2024.	< 2,25E-2	(3,69 ± 0,02)E+1
Dječji vrtić 6	16.12. - 19.12.2024.	(1,19 ± 0,05)E-1	(5,71 ± 0,02)E+1
Studentska menza 1	2.12. - 6.12.2024.	(4,75 ± 0,69)E-2	(5,94 ± 0,04)E+1
Studentska menza 2	2.12. - 6.12.2024.	< 3,30E-2	(7,71 ± 0,03)E+1
Studentska menza 3	16.12. - 20.12.2024.	< 2,86E-2	(6,25 ± 0,03)E+1
Studentska menza 4	16.12. - 20.12.2024.	< 3,56E-2	(7,77 ± 0,04)E+1

Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima cjelovitih obroka hrane ne odstupaju značajno od koncentracija izmjerenih u 2023. godini.

11.3.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U CJELOVITIM OBROCIMA HRANE

Uzorci cjelovitih obroka hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu koji se otapa u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ^{90}Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ^{90}Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

CJELOVITI OBROCI HRANE		^{90}Sr
UZORAK	Vrijeme uzorkovanja	[Bqkg ⁻¹]
Dječji vrtić 1	25.11. - 29.11.2024.	(3,80 ± 0,67)E-2
Dječji vrtić 2	25.11. - 29.11.2024.	(2,58 ± 0,66)E-2
Dječji vrtić 3	9.12. - 13.12.2024.	(4,92 ± 0,71)E-2
Dječji vrtić 4	9.12. - 13.12.2024.	(4,38 ± 0,81)E-2
Dječji vrtić 5	16.12. - 19.12.2024.	(2,19 ± 0,55)E-2
Dječji vrtić 6	16.12. - 19.12.2024.	(2,30 ± 0,70)E-2
Studentska menza 1	2.12. - 6.12.2024.	(2,53 ± 0,73)E-2
Studentska menza 2	2.12. - 6.12.2024.	(2,13 ± 0,76)E-2
Studentska menza 3	16.12. - 20.12.2024.	(4,24 ± 0,86)E-2
Studentska menza 4	16.12. - 20.12.2024.	(2,85 ± 0,73)E-2

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima cjelovitih obroka hrane ne odstupaju značajno u odnosu na 2023. godinu.

12. STOČNA HRANA



12.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA STOČNE HRANE

Uzorci stočne hrane uzimaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se u peći postupno na 400 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsko mjerenje.

Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	26.4.2024.	< 2,77E-1	(1,35 ± 0,01)E+3
SLAVONSKA REGIJA Trava	26.4.2024.	< 2,30E-1	(1,02 ± 0,01)E+3
SLAVONSKA REGIJA Silaža	12.9.2024.	< 1,66E-1	(4,03 ± 0,02)E+2
PRIOBALNA REGIJA Lucerna	16.5.2024.	< 3,84E-1	(9,24 ± 0,04)E+2
PRIOBALNA REGIJA Trava	16.5.2024.	< 2,17E-1	(7,60 ± 0,03)E+2
PRIOBALNA REGIJA Silaža	3.10.2024.	(4,63 ± 0,48)E-1	(1,50 ± 0,02)E+2

Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima stočne hrane ne odstupaju od koncentracija izmjerenih prijašnjih godina.

12.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr U STOČNOJ HRANI

Uzorci stočne hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju u peći na 650 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za analizu koji se otapa u dušičnoj kiselini. Standardnom metodom ekstrakcije TBP-om uz dodatak itrij nosača određuje se ⁹⁰Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ⁹⁰Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5A.

Vrsta	Datum uzorkovanja	⁹⁰ Sr
		[Bqkg ⁻¹]
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	26.4.2024.	(3,12 ± 0,19)E+0
SLAVONSKA REGIJA Trava	26.4.2024.	(8,66 ± 1,10)E-1
PRIOBALNA REGIJA Silaža	3.10.2024.	(9,11 ± 0,76)E-1

Koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr u uzorcima stočne hrane manje su u odnosu na 2023. godinu.

ZAKLJUČAK



Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu na teritoriju Republike Hrvatske u 2024. godini provedeno je temeljem članka 68. *Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti* (Narodne novine RH 141/2013; 39/2015; 130/2017; 118/2018; 21/2022; 114/2022) i *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018; 6/2022).

Uzorkovanja, mjerenja i radiokemijske analize provodi Zavod za zaštitu od zračenja Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada iz Zagreba neprekidno od 1959. godine prema godišnjem programu praćenja stanja okoliša. U izvještaju su navedene lokacije na kojima se provode mjerenja i uzimaju uzorci, popis i karakteristike mjerne opreme, opis korištenih metoda te rezultati ispitivanja.

Sva propisana uzorkovanja, mjerenja i analize provedeni su kako bi se što je moguće bolje procijenila izloženost prosječnog stanovnika Republike Hrvatske ionizirajućem zračenju i posljedice opterećenja izloženosti zračenju svakog pojedinog stanovnika i okoliša u Republici Hrvatskoj. Napominjemo da program praćenja stanja u okolišu u Republici Hrvatskoj za 2024. godinu ne zadovoljava sve uvjete potrebne za cjelovito određivanje izloženosti stanovništva, niti za procjene izloženosti pojedinih grupa stanovništva u populaciji Republike Hrvatske. Za bolju i precizniju procjenu potrebno je planirati veći broj različitih, specifičnih vrsta uzoraka po svim regijama Republike Hrvatske.

Kako se mlijeko smatra jednom od najvažnijih prehrambenih namirnica, procijenjena je godišnja efektivna doza od unosa ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom za odraslog stanovnika Republike Hrvatske. Efektivna doza primljena unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom procijenjena je za odrasle osobe uz pretpostavku godišnje potrošnje mlijeka od 130 litara i podataka o koncentracijama aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr u mlijeku. Prosječni odrasli stanovnik Republike Hrvatske primio bi konzumacijom 130 litara mlijeka godišnje dozu od 35 nSv unosom ^{137}Cs , te dozu od 57 nSv unosom ^{90}Sr .

Procijenimo li efektivnu dozu za dječju populaciju (djecu od dvije do sedam godina starosti) od unosa ^{137}Cs i ^{90}Sr cjelovitim obrocima zajedničke vrtičke prehrane (160 kg godišnje) doza iznosi < 388 nSv. Za usporedbu, procijenjena efektivna doza za istu skupinu djece na bazi

unosu 160 litara mlijeka zagrebačke mljekare iznosi 150 nSv. Efektivna doza za studentsku populaciju unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr hranom u studentskoj menzi (130 kg hrane godišnje) iznosi < 143 nSv. Procijenjena efektivna doza primljena unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom zagrebačke mljekare iznosi 93 nSv.

Prosječna je vrijednost ambijentalnog doznog ekvivalenta procijenjena za Republiku Hrvatsku i iznosi 0,635 mSv.

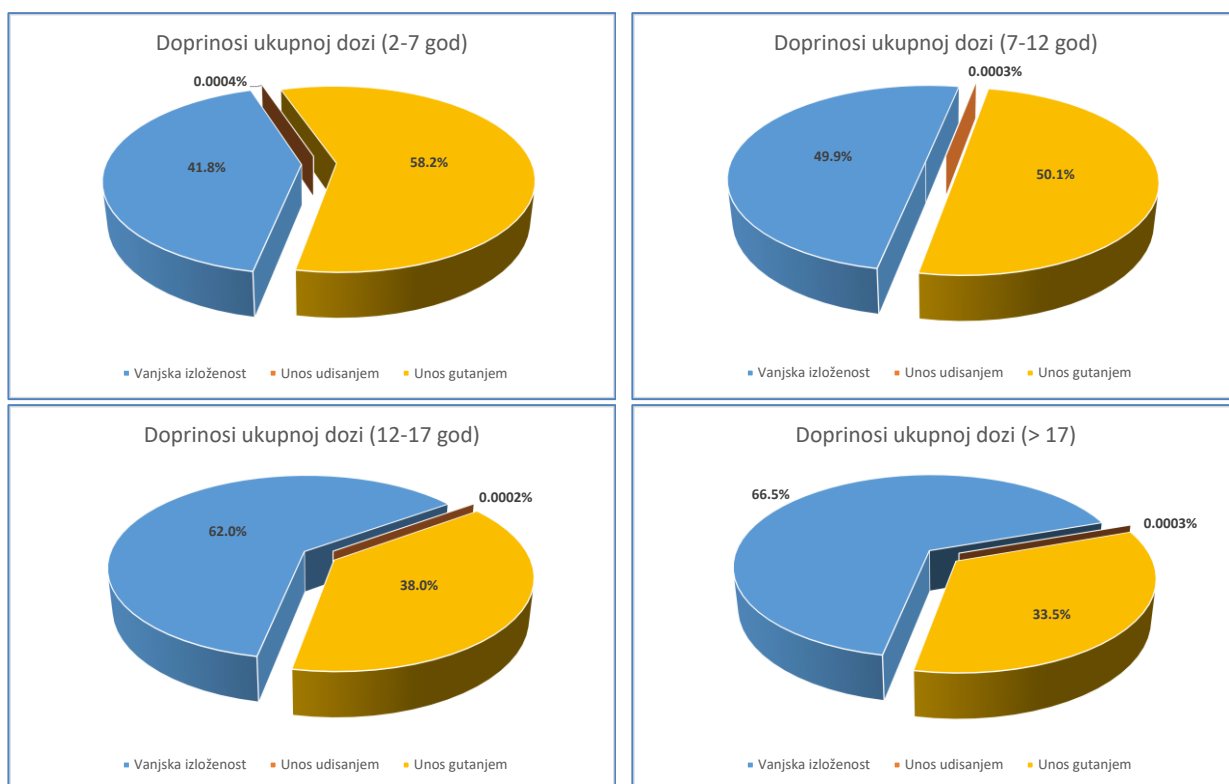
Udisanjem zraka prosječan odrasli stanovnik Hrvatske primio bi 3,3 nSv. U procijenjenoj dozi najveći je doprinos onaj primljen udisanjem ^7Be (1,4 nSv), ^{137}Cs (0,11 nSv) i ^{90}Sr (0,67 nSv). Procijenjena doza za odraslog stanovnika od udisanja zraka niža je u odnosu na 2023. godinu.

Uzimanjem u račun prosječnih vrijednosti koncentracija aktivnosti pojedinih vrsta hrane za cijelu zemlju za prosječnog odraslog stanovnika Hrvatske procjena očekivane efektivne doze gutanjem za unos ^{90}Sr je 0,45 μSv , za unos ^{137}Cs 0,30 je μSv , a za unos ^{40}K je 319 μSv . Podaci o životnim navikama pripadnika referentne skupine stanovništva temelje se na tablici u Prilogu IV. *Pravilnika o granicama ozračenja, preporučenom doznom ograničenju i procjenjivanju osobnog ozračenja* (NN 38/2018; 8/2023).

Tablica A. Procjena doprinosa godišnjoj efektivnoj dozi za stanovnike RH prema načinu izloženosti: vanjska izloženost, unos udisanjem i unos gutanjem; za dobne skupine: 2-7 godina, 7-12 godina, 12-17 godina i > 17 godina starosti.

Dobna skupina	2 – 7 godina	7 – 12 godina	12 – 17 godina	> 17 godina
Procijenjena doprinosa godišnjoj efektivnoj dozi za reprezentativnog stanovnika (mSv/godišnje)*				
Vanjska izloženost	< 0,635			
Unos udisanjem	< 0,001			
Unos gutanjem	< 0,884	< 0,637	< 0,390	< 0,320
UKUPNO	< 1,519	< 1,272	< 1,025	< 0,955

* prilikom procjene doprinosa efektivnoj dozi, odabran je i konzervativan pristup, u kojem su kao ulazni podaci korištene maksimalne vrijednosti koncentracija aktivnosti radionuklida, te granice detekcije gdje je primijenjivo



Slika 9. Dozno opterećenje prosječnog stanovnika Republike Hrvatske

Istraživanjima radioaktivnosti uzoraka iz okoliša na području Republike Hrvatske nisu zamijećene povišene vrijednosti koje bi povećale ukupnu dozu za stanovništvo Republike Hrvatske u odnosu na onu primljenu prijašnjih godina.

Napominjemo da samim *Pravilnikom o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018; 6/2023) nisu u potpunosti definirana rješenja za sveobuhvatne procjene ukupnih efektivnih doza za populaciju Republike Hrvatske.