



Institut za  
medicinska  
istraživanja  
i medicinu  
rada

IMI-CRZ-102

# PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

*Izvještaj za 2021. godinu  
LXI. godina*



Zagreb, 2022.



Institut za  
medicinska  
istraživanja  
i medicinu  
rada

IMI-CRZ-102

Klasa: 07-75/22-00/1

Ur.Broj: 100-15/22-6

## PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

*Izvještaj za 2021. godinu*

LXI. godina

### *Jedinica za zaštitu od zračenja*

Predstojnik Jedinice:

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

Suradnici:

Mak Avdić, mag. ing. kem. tehn.,  
Dr. sc. Dinko Babić, dipl. ing. fizike  
Dr. sc. Tomislav Bituh, dipl. ing. preh. tehn.  
Dr. sc. Zdenko Franić, dipl. ing. fizike  
Iva Franulović, dipl. ing. biotehn.  
Milica Kovačić, dipl. ing. kem.  
Ljerka Petroci  
Dr. sc. Davor Rašeta, dipl. ing. el.  
Jasminka Senčar  
Dr. sc. Božena Skoko, dipl. ing. preh. tehn.  
Jerko Šiško, dipl. ing. fizike

Predstojnik  
Jedinice za zaštitu od zračenja:

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



Ravnateljica Instituta za medicinska  
istraživanja i medicinu rada:

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

Zagreb, 2022.

## SADRŽAJ

<b>SAŽETAK / ABSTRACT .....</b>	<b>5</b>
<b>UVOD .....</b>	<b>6</b>
<b>TABLČNI PRIKAZ OBAVLJENIH POSLOVA IZ GODIŠnjEG PROGRAMA.....</b>	<b>7</b>
<b>KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZIMANJA UZORAKA.....</b>	<b>10</b>
<b>POPIS I KARAKTERISTIKE MJERNE OPREME .....</b>	<b>12</b>
<b>1. AMBIJENTALNI DOZNI EKVIVALENT .....</b>	<b>13</b>
1.D    Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta $H^*(10)$ .....	14
<b>2. ZRAK .....</b>	<b>18</b>
2.B    Ukupna beta aktivnost zraka.....	19
2.G    Gamaspektrometrijska analiza zraka.....	20
2.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u zraku .....	23
2.J    Specifično određivanje $^{131}\text{I}$ u zraku.....	24
<b>3. OBORINA.....</b>	<b>25</b>
Količina oborine u 2021. godini.....	26
3.B    Ukupna beta aktivnost oborine.....	29
3.G    Gamaspektrometrijska analiza oborine.....	30
3.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u oborinama.....	33
<b>4. TLO .....</b>	<b>34</b>
4.G    Gamaspektrometrijska analiza tla .....	35
4.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u tlu.....	38
<b>5. RIJEKE .....</b>	<b>40</b>
5.G    Gamaspektrometrijska analiza riječnih voda.....	41
5.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u riječnim vodama.....	44
<b>6. JEZERA .....</b>	<b>45</b>
6.G    Gamaspektrometrijska analiza jezerskih voda.....	46
6.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u jezerskim vodama .....	46
<b>7. MORE .....</b>	<b>47</b>
7.1.G    Gamaspektrometrijska analiza morske vode .....	48
7.1.S    Specifično određivanje $^{226}\text{Ra}$ u morskoj vodi.....	49
7.1.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u morskoj vodi .....	49
7.2.G    Gamaspektrometrijska analiza mobilnih indikatorskih organizama.....	50

<b>8. VODA ZA PIĆE.....</b>	<b>51</b>
8.1.G    Gamaspektrometrijska analiza vodovodnih voda.....	52
8.1.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u vodovodnoj vodi.....	53
8.2.G    Gamaspektrometrijska analiza voda iz spremnika za kišnicu .....	54
8.2.s    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u vodama iz spremnika za kišnicu.....	54
<b>9. PREHRAMBENI ARTIKLI.....</b>	<b>55</b>
9.1.G    Gamaspektrometrijska analiza mlijeka.....	56
9.1.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u mlijeku .....	59
9.2.G    Gamaspektrometrijska analiza ljudske hrane.....	62
9.2.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u ljudskoj hrani.....	65
9.3.G    Gamaspektrometrijska analiza cjelovitih obroka hrane.....	67
9.3.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u cjelovitim obrocima hrane.....	68
<b>10. STOČNA HRANA.....</b>	<b>69</b>
10.G    Gamaspektrometrijska analiza stočne hrane .....	70
10.S    Specifično određivanje $^{90}\text{Sr}$ u stočnoj hrani.....	70
<b>ZAKLJUČAK .....</b>	<b>71</b>

**PRILOG 1:** *Izvještaj o ispitivanju: Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj tijekom 2021. godine.*

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

Određivanje koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$

Određivanje koncentracije aktivnosti  $^{226}\text{Ra}$

**PRILOG 2:** CD s podacima u elektroničkom obliku.

## **SAŽETAK**

Program mjerjenja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj za 2021. godinu nastavak je kontinuiranih mjerena 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, radiohemiju obradu i mjerjenje provodi Jedinica 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 potječe 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 2021 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 Radiation Protection Unit 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 5<sup>th</sup> 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 1.7.2021. ugovore s Ministarstvom unutarnjih poslova RH: za Grupu 1 – Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta (Klasa: 406-09/21-04/30, Ur.br: 511-01-169-21-15) i za Grupu 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: 406-09/21-04/30, Ur.br: 511-01-169-21-16).

Mjerenja i uzorkovanja provedena su sukladno Godišnjem programu praćenja stanja okoliša za 2021. godinu prikazanog u sljedećoj tablici. Odstupanja od plana nije bilo.

Jedinica za zaštitu od zračenja nastavila je dugogodišnje praćenje sezonskih razlika  $^{90}\text{Sr}$  u oborinama i vodovodnoj vodi, stoga je određivanje koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima oborina i vodovodnoj vodi na lokaciji Zagreb provedeno u tromjesečnim uzorcima, umjesto polugodišnjim kako je zadano planom. Također je, iz istog razloga, u uzorcima mlijeka iz Osijeka, Varaždina i Zadra napravljeno uzorkovanje i određivanje koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u dvomjesečnim uzorcima, umjesto tromjesečnim kako je zadano planom.

## TABLIČNI PRIKAZ OBAVLJENIH POSLOVA IZ GODIŠNJE PROGRAMA

Medij	Mjerna metoda, radionuklid u uzorku	Lokacije	Broj god mjerena	Provjedeno uzorkovanje i mjerene
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	✓
	<sup>90</sup> Sr -specifično mjerjenje	Zagreb N45.85;E15.98	2	✓
	<sup>131</sup> 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 N44.1;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	✓
	<sup>90</sup> Sr - specifična metoda	Dubrovnik N42.65;E18.10	2	✓
		Zagreb N45.78; E15.90	2	✓
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u tlu	VR gama spektrometrija	3 regije Zagreb, Zadar, Osijek - 3 sloja (0-5, 5-10, 10-15)	9	✓
	<sup>90</sup> Sr - specifična metoda	3 regije Zagreb, Zadar, Osijek - 3 sloja (0-5, 5-10, 10-15)	9	✓
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u bioindikatorskim organizmima	VR gama spektrometrija	6 lokacija duž jadranske obale	6	✓
vodovodna voda	VR gama spektrometrija	Zagreb	4	✓
		Osijek	1	✓
		Rijeka	1	✓
		Split	1	✓
		Dubrovnik	1	✓
	<sup>90</sup> Sr- specifično mjerjenje	Zagreb	2	✓
spremnići 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 mjerjenje	Bale N45.03;E13.78	1	✓
		Doli N42.49;E17.80	1	✓
		Marina N43.51;E17.80	1	✓
		Pag N44.43;E15.06	1	✓

Medij	Mjerna metoda, radionuklid u uzorku	Lokacije	Broj god mjerena	Provjedeno uzorkovanje i mjerene
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u površinskim vodama	Rijeke	VR gama spektrometrija	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	4 ✓
			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 ✓
	Jezera	⁹⁰Sr - specifično mjerene / rezidual beta	Sava Zagreb N45.79;E15.98	1 ✓
			Sava Harmica N45.86;E15.69	1 ✓
			Sava Sisak N45.48;E15.98	1 ✓
			Sava Županja N45.08; E18.69	1 ✓
			Drava -Varaždin N46.32;E16.36	0 -
			Drava - Osijek N45.55;E18.70	1 ✓
			Dunav- Batina N45.85;E18.85	0 -
			Dunav-Vukovar N45.35;E19.01	1 ✓
Morska voda	Jezera	VR gama spektrometrija	Plitvička jezera N43.88;E 15.61	2 ✓
			Vransko jezero N43.92;E15.51	2 ✓
		⁹⁰Sr - specifična metoda/ rezidual beta	Plitvička jezera N43.88;E 15.61	1 ✓
			Vransko jezero N43.92;E15.51	1 ✓
	Morska voda	gama spektrometrija	Rovinj N45.08;E13.64	2 ✓
			Plominski zaljev N45.15;E14.17	2 ✓
			Rijeka N45.23;E14.25	2 ✓
			Split N43.50;E16.43	2 ✓
			Kaštelanski Zaljev N43.54;E16.34	2 ✓
			Dubrovnik N42.69;E18.04	2 ✓
	⁹⁰Sr- specifično mjerene	Rovinj, Split	2 ✓	
		²²⁶Ra	2 lokacije, Plomiski i Kaštelanski zaljev	4 ✓

Medij	Mjerna metoda, radionuklid u uzorku	Lokacije	Broj god mjerena	Provjedeno uzorkovanje i mjerjenje
Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u mljeku	VR gama spektrometrija	Zagreb	12	✓
		Osijek	4	✓
		Varaždin	4	✓
		Zadar	4	✓
	$^{90}\text{Sr}$ - specifično mjerjenje	Zagreb	12	✓
		Osijek	4	✓
		Varaždin	4	✓
		Zadar	4	✓
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	27 ✓
		$^{90}\text{Sr}$ - specifično mjerjenje	3 regije- Zagreb, Zadar, Osijek	21 ✓
	Cjeloviti obroci	VR gama spektrometrija	Zagreb vrtići ili menze	5 ✓
		$^{90}\text{Sr}$ - specifično mjerjenje	Zagreb vrtići ili menze	5 ✓
	Praćenje vrste i aktivnosti radionuklida u hrani za životinje	VR gama spektrometrija	slavonska i priobalna regija - trava, lucerna, silaža	3 ✓
		$^{90}\text{Sr}$ - specifično mjerjenje	slavonska i priobalna regija - trava, lucerna, silaža	3 ✓
Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta	TL dozimetri ili uređaji za neprekidno mjerjenje brzine doze	Kutina, Molve, Petrinja, Kostajnica, Dvor, Matijevići, Zagreb, Osijek, Sl. Brod, Županja	20	✓

## GEOGRAFSKE KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZMANJA UZORAKA

Mjesto	Geografska širina	Geografska dužina	Nadmorska visina
	N	E	m
Bale	45°02'22,78"	13°47'10,11"	142
Bjelovar	45°53'52,64"	16°50'30,38"	135
Čilipi	42°33'37,92"	18°15'42,96"	160
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
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
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
Poreč	45°13'37,04"	13°35'45,78"	20
Pula	44°53'56,30"	13°55'24,22"	70
Rijeka	45°14'15,56"	14°15'21,05"	0
Rovinj	45°05'05,01"	13°38'03,42"	0

## GEOGRAFSKE KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZIMANJA UZORAKA

Mjesto	Geografska širina	Geografska dužina	Nadmorska visina
	N	E	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
Ston	42°50'48,05	17°42'14,55	156
Šibenik	43°44'01,97"	15°53'51,99"	30
Varaždin	46°19'18,64"	16°21'24,72"	173
Vrana	43°55'47,37"	15°30'45,04"	113
Zadar	44°07'48,29"	15°12'21,50"	1
Zagreb - IMI	45°50'02,50"	15°58'42,86"	165
Zagreb-VP	45°47'05,47"	15°54'06,74"	130
Zagreb - Sava	45°47'23,24"	15°58'51,41"	111
Županja	45°04'19,22"	18°41'05,40"	80

## **POPIS I KARAKTERISTIKE MJEERNE OPREME**

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

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

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. Programska paket za analizu spektara je GammaVision proizvođača ORTEC.

**Određivanje koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$ , ukupna beta:**

BETA multicounter system RISØ GM-25-5  
(efikasnost brojača 23% za  $^{90}\text{Y}$ )

**Određivanje koncentracije aktivnosti  $^{226}\text{Ra}$ :**

Alpha Analyst PIPS detector- Canberra  
(aktivna površina 450 mm<sup>2</sup>, alfa rezolucija za  $^{241}\text{Am}$  19 keV)

**Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta**

Pasivni uređaji za mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta  
TLD Panasonic UD-804  
Uredaj za mjerenje brzine ambijentalnog doznog ekvivalenta (ALARA)

Kalibracija efikasnosti svih detektora (gama, beta, alfa) provodi se redovito standardima Češkog metrološkog instituta, 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, $H^*(10)$

### 1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA, $H^*(10)/t$

Operativna veličina za procjenu efektivne doze od vanjskog ozračenja je ambijentalni dozni ekvivalent,  $H^*(10)$ . Mjerenje brzine ambijentalnog doznog ekvivalenta provodi se na lokaciji Instituta za medicinska istraživanja i medicinu rada (IMI) neprekidno tijekom cijele godine. Svakodnevno se očitavaju vrijednosti izmjerene tijekom prethodnog dana. Uredaj za mjerenje spojen je na računalo preko kojega se dobivaju zapisi. Neprekidno mjerenje brzine ambijentalnog doznog ekvivalenta aktivnim elektroničkim dozimetrom ALARA ED provodi se i na nekoliko lokacija u Republici Hrvatskoj. Uredaj za mjerenje spremi podatke koji se očitavaju računalom pomoću kojega se dobivaju zapisi,  $H^*(10)/t$ . Neprekidno mjerenje provodi se i pasivnim dozimetrima (okolišnim termoluminiscentnim dozimetrima - TLD). TL dozimetri se nakon određenog vremena izloženosti (najmanje tri mjeseca) očitavaju u TLD čitaču. Dobivaju se podaci o ukupnoj vrijednosti  $H^*(10)$  tijekom vremena izloženosti TLD-a. Iz očitanih vrijednosti određuje se prosječna vrijednost  $H^*(10)/t$  za vrijeme izloženosti TLD-a.

#### ZAGREB, IMI

	$H^*(10)/t$ / nSvh <sup>-1</sup>		
1.1. – 1.7.2021.	118 ± 14	123,8	113,8
1.7.2021. – 1.1.2022.	121 ± 14	136,2	115,1
Prosjek	<b>118,0 ± 14</b>		
Maksimum	<b>136,2</b>		
Minimum	<b>113,8</b>		

#### KUTINA

	$H^*(10)/t$ / nSvh <sup>-1</sup>		
1.1. – 1.7.2021.	94 ± 7	97,8	91,1
1.7.2021. – 1.1.2022.	95 ± 13	112,7	88,7
Prosjek	<b>94,6 ± 4,8</b>		
Maksimum	<b>112,7</b>		
Minimum	<b>88,7</b>		

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

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA,  $H^*(10)/t$

MOLVE

	$H^*(10)/t$ / nSvh $^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	86 ± 6	111,6	76,2
1.7.2021. – 1.1.2022.	86 ± 7	112,2	73,5
Prosjek	<b>74,8 ± 7,5</b>		
Maksimum	112,2		
Minimum	73,5		

PETRINJA

	$H^*(10)/t$ / nSvh $^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	83 ± 11	118,4	69,0
1.7.2021. – 1.1.2022.	100 ± 8	132,5	69,1
Prosjek	<b>96,1 ± 11,0</b>		
Maksimum	132,5		
Minimum	69,0		

DVOR

	$H^*(10)/t$ / nSvh $^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	94 ± 7	96,9	91,2
1.7.2021. – 1.1.2022.	93 ± 7	100,1	82,8
Prosjek	<b>93,6 ± 6,8</b>		
Maksimum	100,1		
Minimum	82,8		

OSIJEK

	$H^*(10)/t$ / nSvh $^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	121 ± 7	144,6	100,2
1.7.2021. – 1.1.2022.	122 ± 7	137,0	97,7
Prosjek	<b>121,4 ± 7,0</b>		
Maksimum	144,6		
Minimum	97,7		

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

1.1. BRZINA AMBIJENTALNOG DOZNOG EKVIVALENTA,  $H^*(10)/t$

SLAVONSKI BROD

	$H^*(10)/t / \text{nSv h}^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	$95 \pm 8$	107,2	90,9
1.7.2021. – 1.1.2022.	$96 \pm 7$	100,5	91,3
Prosjek	<b><math>95,5 \pm 7,6</math></b>		
Maksimum		<b>107,2</b>	
Minimum			<b>90,9</b>

ŽUPANJA

	$H^*(10)/t / \text{nSv h}^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	$92 \pm 12$	108,6	50,5
1.7.2021. – 1.1.2022.	$96 \pm 8$	118,1	67,0
Prosjek	<b><math>93,9 \pm 10,8</math></b>		
Maksimum		<b>118,1</b>	
Minimum			<b>50,5</b>

MATIJEVIĆI

	$H^*(10)/t / \text{nSv h}^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	$111 \pm 33$	139,9	74,0
1.7.2021. – 1.1.2022.	$74 \pm 6$	78,0	69,2
Prosjek	<b><math>92,3 \pm 19,5</math></b>		
Maksimum		<b>139,9</b>	
Minimum			<b>69,2</b>

KOSTAJNICA

	$H^*(10)/t / \text{nSv h}^{-1}$		
1.1. – 1.7.2021.	$122 \pm 42$	164,2	79,1
1.7.2021. – 1.1.2022.	$99 \pm 5$	103,0	95,7
Prosjek	<b><math>111 \pm 24</math></b>		
Maksimum		<b>164,2</b>	
Minimum			<b>79,1</b>

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

1.2. GODIŠNJA EFEKTIVNA DOZA OD VANJSKOG OZRAČENJA

Mjesto	$H^*(10)$ mSv
Dvor	$0,82 \pm 0,03$
Petrinja	$0,80 \pm 0,10$
Kutina	$0,83 \pm 0,04$
Molve	$0,75 \pm 0,08$
Osijek	$1,00 \pm 0,10$
Slavonski Brod	$0,84 \pm 0,03$
Zagreb - IMI	$1,00 \pm 0,10$
Županja	$0,80 \pm 0,10$
Matijevići	$0,81 \pm 0,17$
Kostajnica	$0,97 \pm 0,21$

## 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 filtera. Dnevni uzorci se mjere antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multounter system model RISØ GM-25-5.

### PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

#### ZAGREB

Mjesec	Prosjek	Maksimum	Minimum
	Bqm <sup>-3</sup>		
Siječanj	(1,16 ± 0,08)E-3	(2,68 ± 0,06)E-3	(1,95 ± 0,14)E-4
Veljača	(1,17 ± 0,11)E-3	(3,21 ± 0,12)E-3	(3,06 ± 0,44)E-4
Ožujak	(8,28 ± 0,90)E-4	(1,58 ± 0,05)E-3	(3,01 ± 0,35)E-4
Travanj	(7,57 ± 0,54)E-4	(1,54 ± 0,05)E-3	(3,81 ± 0,28)E-4
Svibanj	(6,43 ± 0,72)E-4	(1,39 ± 0,05)E-3	(3,21 ± 0,32)E-4
Lipanj	(1,30 ± 0,08)E-3	(2,41 ± 0,06)E-3	(4,47 ± 0,20)E-4
Srpanj	(1,26 ± 0,08)E-3	(2,45 ± 0,04)E-3	(4,45 ± 0,18)E-4
Kolovoz	(1,05 ± 0,06)E-3	(2,43 ± 0,04)E-3	(5,14 ± 0,17)E-4
Rujan	(1,72 ± 0,09)E-3	(3,46 ± 0,07)E-3	(8,54 ± 0,38)E-4
Listopad	(1,63 ± 0,09)E-3	(3,05 ± 0,07)E-3	(6,93 ± 0,42)E-4
Studeni	(9,76 ± 0,55)E-4	(2,72 ± 0,04)E-3	(3,61 ± 0,20)E-4
Prosinac	(8,10 ± 0,52)E-4	(1,91 ± 0,04)E-3	(2,14 ± 0,16)E-4
Prosjek	(1,11 ± 0,08)E-3		
Maksimum	(1,72 ± 0,09)E-3	(3,46 ± 0,07)E-3	
Minimum	(6,43 ± 0,72)E-4		(1,95 ± 0,14)E-4

## 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, filtri se spajaju u polugodišnji uzorak i radiokemijski se određuje  $^{90}\text{Sr}$ . Na lokaciji Zadar uzorci se skupljaju pumpanjem srednjeg volumena zraka ( $V \approx 100\text{-}300 \text{ m}^3/\text{dan}$ ) kroz Schneider-Poelman plave filtre. Specifično određivanje  $^{131}\text{I}$  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:

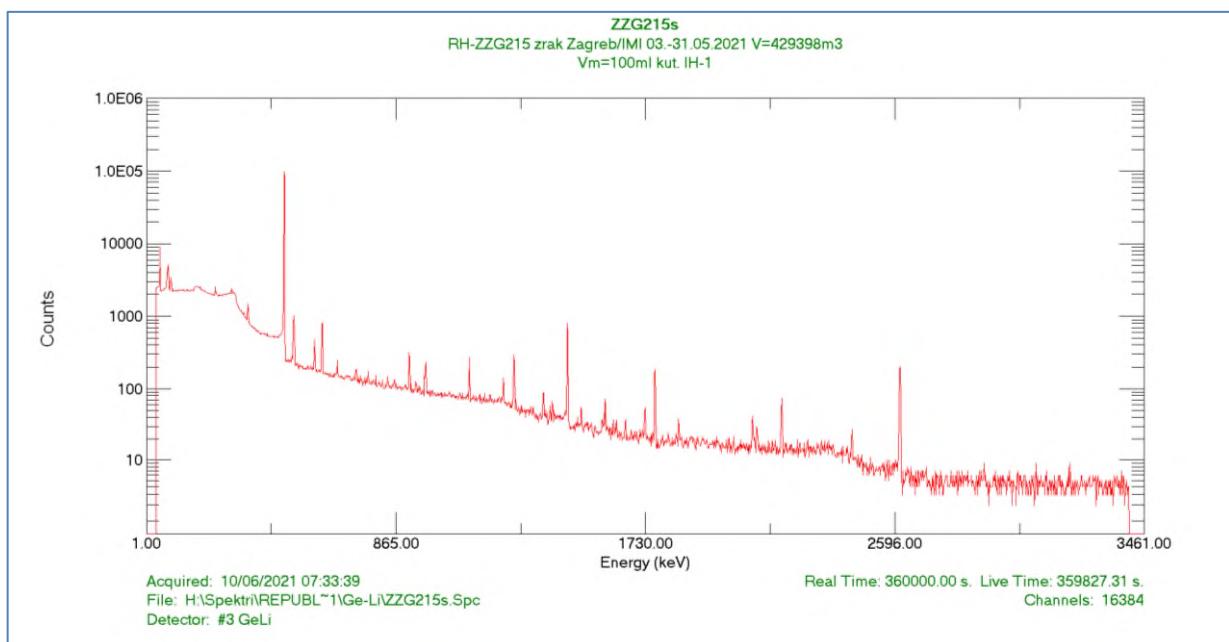
- radionuklidi fizijskog porijekla (36 radionuklida):

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

- prirodni radionuklidi (14 radionuklida):

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

Izvješteni su radionuklidi čija je prisutnost pronađena odnosno radionuklidi od posebnog interesa. Primjer gamaspektra prikazan je na slijedećoj slici 1.



Slika 1. Gamaspektar uzorka zraka skupljenog tijekom svibnja 2021. godine

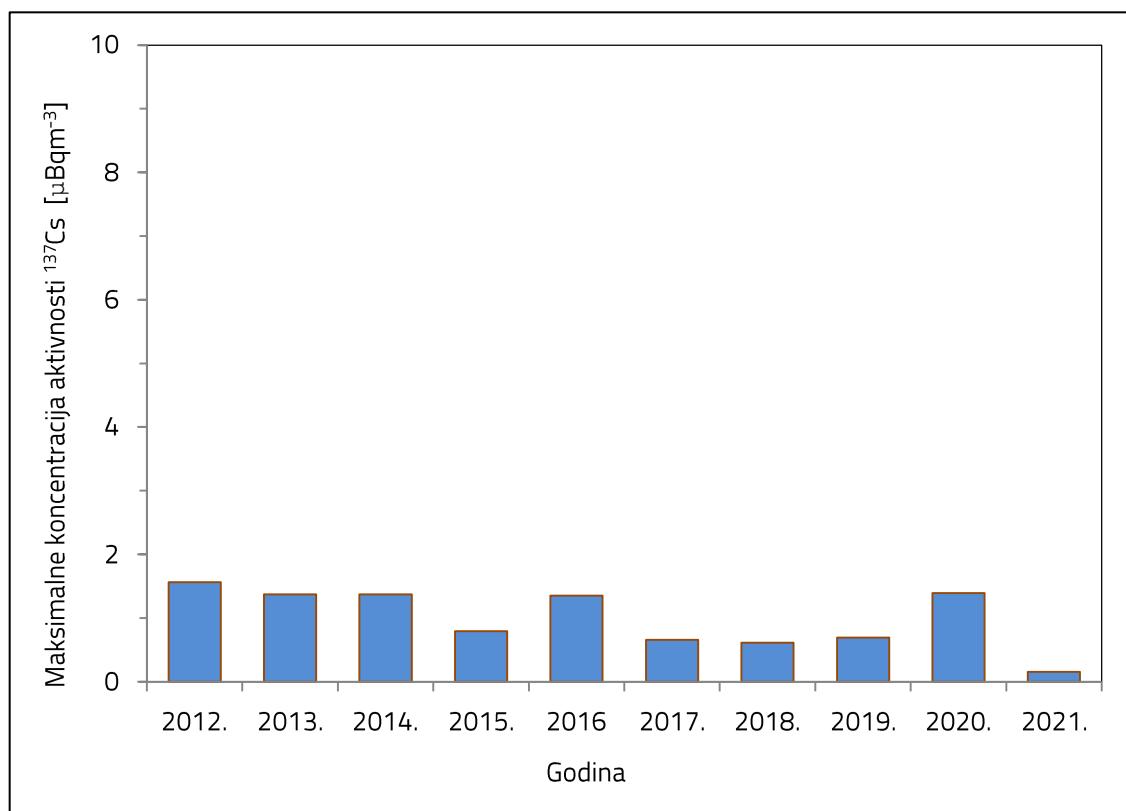
## ZAGREB

Razdoblje	$^{7}\text{Be}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
	$[\text{Bqm}^{-3}]$		
31.12.2020.-1.2.2021.	$(2,19 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(4,92 \pm 0,32)\text{E-7}$	$(1,83 \pm 0,02)\text{E-5}$
1.2.-1.3.2021.	$(2,71 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(4,50 \pm 0,27)\text{E-7}$	$(6,67 \pm 0,09)\text{E-7}$
1.3.-31.3. 2021.	$(4,81 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(4,64 \pm 0,27)\text{E-7}$	$(1,00 \pm 0,01)\text{E-5}$
31.3.-3.5. 2021.	$(4,16 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(2,53 \pm 0,16)\text{E-7}$	$(5,60 \pm 0,08)\text{E-6}$
3.5.-31.5. 2021.	$(4,68 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(1,56 \pm 0,12)\text{E-7}$	$(5,62 \pm 0,08)\text{E-6}$
31.5.-2.7. 2021.	$(6,74 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(2,77 \pm 0,18)\text{E-7}$	$(1,02 \pm 0,01)\text{E-5}$
2.7.-2.8. 2021.	$(6,74 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(2,67 \pm 0,17)\text{E-7}$	$(1,69 \pm 0,02)\text{E-5}$
2.8.-31.8. 2021.	$(4,55 \pm 0,01)\text{E-3}$	$<(1,27 \pm 0,11)\text{E-7}$	$(1,21 \pm 0,02)\text{E-5}$
31.8.-1.10. 2021.	$(5,43 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(1,88 \pm 0,14)\text{E-7}$	$(6,69 \pm 0,09)\text{E-6}$
1.10.-2.11. 2021.	$(2,38 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(3,48 \pm 0,21)\text{E-7}$	$(4,94 \pm 0,07)\text{E-6}$
2.11.-1.12. 2021.	$(1,61 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(4,22 \pm 0,27)\text{E-7}$	$(3,44 \pm 0,05)\text{E-6}$
1.12.-31.12.2021.	$(1,48 \pm 0,01)\text{E-3}$	$(5,75 \pm 0,31)\text{E-7}$	$(3,87 \pm 0,07)\text{E-6}$

## ZADAR

Mjeseci	$^{7}\text{Be}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
	$[\text{Bqm}^{-3}]$		
I, II. i III.	$(2,91 \pm 0,08)\text{E-3}$	$<(5,00 \pm 0,01)\text{E-6}$	$<(5,03 \pm 0,01)\text{E-5}$
IV, V. i VI.	$(7,58 \pm 0,07)\text{E-3}$	$<(5,56 \pm 0,01)\text{E-6}$	$<(5,63 \pm 0,01)\text{E-5}$
VII, VIII. i IX.	$(4,33 \pm 0,12)\text{E-3}$	$<(5,88 \pm 0,01)\text{E-6}$	$<(5,88 \pm 0,01)\text{E-5}$
X, XI. i XII.	$(4,00 \pm 0,09)\text{E-3}$	$<(5,85 \pm 0,01)\text{E-6}$	$<(5,51 \pm 0,01)\text{E-5}$

U uzorcima zraka u Zagrebu najviša vrijednost koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  od  $0,16 \mu\text{Bqm}^{-3}$  izmjerena je tijekom svibnja 2021. godine (slika 2.). Od prirodnih radionuklida izmjerene su vrijednosti za kozmogeni  $^7\text{Be}$  i terestrijalni  $^{40}\text{K}$ . Vrijednosti koncentracija aktivnosti  $^7\text{Be}$  u uzorcima zraka skupljenima u Zagrebu nisu odstupale od prošlogodišnjih vrijednosti i kretale su se od  $1,48 \text{ mBqm}^{-3}$  tijekom prosinca do  $6,74 \text{ mBqm}^{-3}$  u lipnju i srpnju 2021. godine. Koncentracije aktivnosti  $^{40}\text{K}$  kretale su se od  $0,067 \mu\text{Bqm}^{-3}$  u veljači do  $16,9 \mu\text{Bqm}^{-3}$  u srpnju 2021 godine.



Slika 2. Najveće koncentracije  $^{137}\text{Cs}$  u mjesečnim uzorcima zraka u gradu Zagrebu tijekom razdoblja 2012. – 2021.

## 2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ 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 raščinjava 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 ( $^{90}\text{Y}$ ) i ostavi stajati oko šesnaest dana da se postigne radioaktivna ravnoteža. Nakon toga se  $^{90}\text{Y}$  odvaja i mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

Mjeseci	$^{90}\text{Sr}$ [Bqm <sup>-3</sup> ]
I-VI.	(1,24 ± 0,33) E-7
VII.-XII.	(9,30 ± 2,70) E-8

Koncentracija aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u kompozitnim uzorcima zraka u 2021. godini je neznatno viša od granice detekcije.

## 2.J SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{131}\text{I}$ 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.

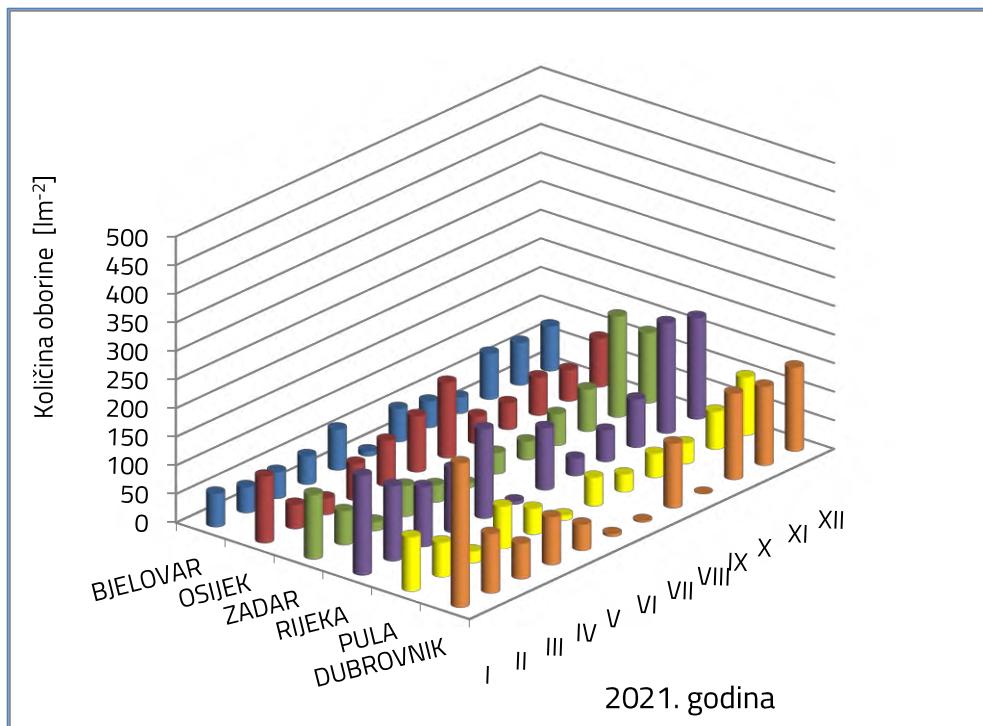
Razdoblje	Specifična aktivnost $^{131}\text{I}$ [Bqm $^{-3}$ ]
11.-25.1. 2021.	< $(3,48 \pm 0,01)$ E-5
8.-22.2. 2021.	< $(6,74 \pm 0,01)$ E-5
1.-15.3. 2021.	< $(1,16 \pm 0,01)$ E-4
12.-26.4. 2021.	< $(1,04 \pm 0,01)$ E-4
3.-17.5. 2021.	< $(1,13 \pm 0,01)$ E-4
16.-30.6. 2021.	< $(1,09 \pm 0,01)$ E-4
5.-19.7. 2021.	< $(3,83 \pm 0,01)$ E-5
2.-17.8. 2021.	< $(1,13 \pm 0,01)$ E-4
13.-27.9. 2021.	< $(1,16 \pm 0,01)$ E-4
18.-19.10. 2021.	< $(1,02 \pm 0,01)$ E-4
9.-22.11. 2021.	< $(4,22 \pm 0,01)$ E-5
6.-20.12. 2021.	< $(5,04 \pm 0,01)$ E-5

U svim uzorcima u 2021. godini koncentracije aktivnosti  $^{131}\text{I}$  u zraku bile su ispod granice detekcije.

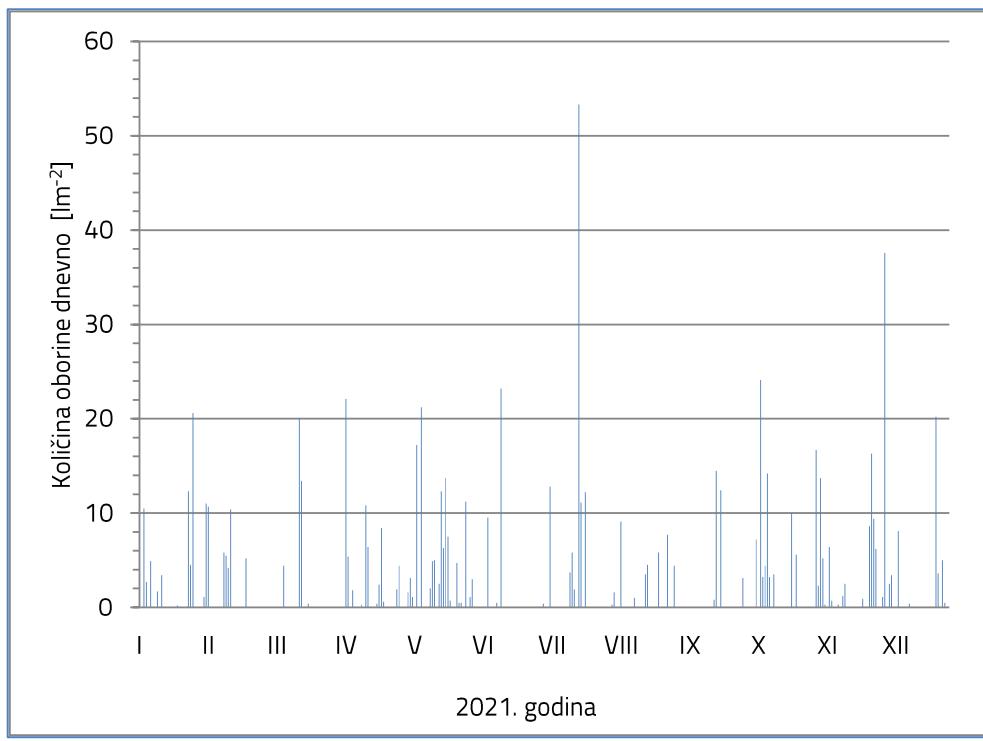
### 3. OBORINA



## KOLIČINA OBORINE U 2021. GODINI



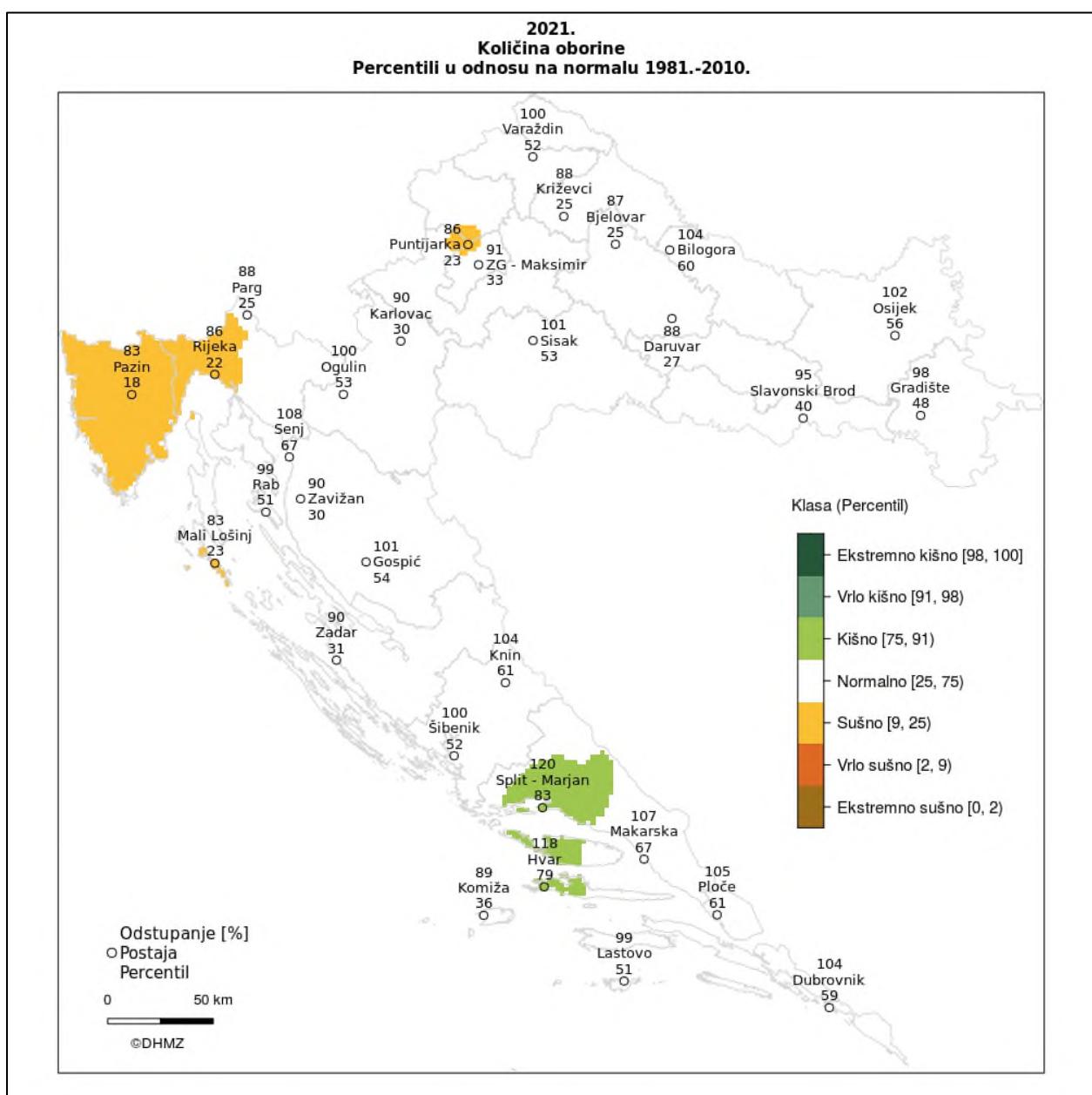
Slika 3. Količina oborine [Lm<sup>-2</sup>] u Republici Hrvatskoj



Slika 4. Količina oborine [Lm<sup>-2</sup>] u Gradu Zagrebu

## KOLIČINE OBORINE U 2021. GODINI

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1961.-2010.) pokazuje da je u 2021. godini u Hrvatskoj na većem broju analiziranih postaja oborine bilo normalno u odnosu na prosjek.



Slika 5. Količina oborine 2021. godine u odnosu na normalu 1981.-2010. (Izvor: DHMZ, 2022)

Odstupanja količine oborine u 2021. godini u odnosu na normalu 1981. – 2010. nalaze u rasponu od 83 % višegodišnjeg prosjeka u Pazinu (868,5 mm) i Malom Lošinju (770,7 mm) do 120 % na postaji Split - Marjan (930,4 mm). Analiza odstupanja količina oborine za godinu 2021. izraženih u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka pokazuje da su količine oborine na većini analiziranih postaja bile oko višegodišnjeg prosjeka.

Oborinske prilike u Hrvatskoj u 2021. godini izražene percentilima bile su normalne na većem dijelu teritorija, a sušne ili kišne na izdvojenim lokacijama. Detaljnije su oborinske prilike opisane sljedećim kategorijama: sušno (okolica Puntijarke, šire riječko područje, Istra, Mali Lošinj), normalno (veći dio teritorija), kišno (dio srednje Dalmacije oko Splita, dijelovi Brača i Hvara).

Oborina se skuplja svakodnevno (u dane s oborinom) preko lijevaka površine 1 m<sup>2</sup> 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-25-5. 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	Ukupno	Prosjek	Maksimum	Minimum
				Lm <sup>-2</sup>	Bqm <sup>-2</sup>
Siječanj (12)	83,6	2,65	(2,21 ± 0,23)E-1	(6,36 ± 0,23)E-1	(2,05 ± 0,03)E-2
Veljača (5)	31,1	0,88	(1,77 ± 0,15)E-1	(2,81 ± 0,06)E-1	(7,27 ± 0,58)E-2
Ožujak (4)	38,2	0,84	(2,11 ± 0,20)E-1	(4,02 ± 0,16)E-1	(2,66 ± 0,05)E-2
Travanj (12)	64,9	2,36	(1,97 ± 0,27)E-1	(8,30 ± 0,39)E-1	(9,80 ± 0,47)E-3
Svibanj (20)	120,1	4,42	(2,21 ± 0,26)E-1	(1,23 ± 0,04)E+0	(2,28 ± 0,05)E-2
Lipanj (3)	33,2	1,21	(4,04 ± 0,22)E-1	(6,66 ± 0,17)E-1	(1,37 ± 0,01)E-1
Srpanj (8)	101,2	5,66	(7,07 ± 0,49)E-1	(2,55 ± 0,06)E+0	(7,00 ± 0,08)E-2
Kolovoz (9)	37,9	1,74	(1,94 ± 0,11)E-1	(4,13 ± 0,10)E-1	(1,46 ± 0,03)E-2
Rujan (4)	30,8	1,25	(3,12 ± 0,21)E-1	(8,08 ± 0,18)E-1	(3,21 ± 0,09)E-2
Listopad (9)	75,4	2,30	(2,56 ± 0,21)E-1	(6,64 ± 0,22)E-1	(4,74 ± 0,23)E-2
Studeni (15)	90,7	3,93	(2,62 ± 0,15)E-1	(9,56 ± 0,12)E-1	(3,26 ± 0,05)E-2
Prosinc (10)	82,4	3,63	(3,63 ± 0,23)E-1	(1,20 ± 0,02)E+0	(5,05 ± 0,07)E-2
Ukupno	789,5	30,88			
Prosjek			(2,78 ± 0,22)E-1		
Maksimum		5,66	(7,07 ± 0,49)E-1	(2,55 ± 0,06)E+0	
Minimum		0,84	(1,77 ± 0,15)E-1		(9,80 ± 0,47)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-25-5. Tijekom 2021. godine izmjerena je maksimalna ukupna beta aktivnost od 2,25 Bqm<sup>-2</sup> u srpnju 2021. Minimalna ukupna beta aktivnost bila je 9,80 mBqm<sup>-2</sup> izmjerena u travnju 2021.

### 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 Mjeseci		$^{7}\text{Be}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
I. - III.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(1,31 ± 0,02)E+3	(1,09 ± 0,14)E+0	(2,02 ± 0,10)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(2,00 ± 0,01)E+2	(1,67 ± 0,21)E-1	(3,08 ± 0,15)E-1
IV. - VI.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(2,19 ± 0,01)E+3	(6,27 ± 1,20)E-1	(1,52 ± 0,10)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(4,77 ± 0,02)E+2	(1,37 ± 0,26)E-1	(3,33 ± 0,23)E+0
VII. - IX.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(1,53 ± 0,01)E+3	(5,67 ± 1,07)E-1	(1,48 ± 0,09)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(2,60 ± 0,01)E+2	(9,63 ± 1,82)E-2	(2,52 ± 0,16)E+0
X. - XII.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(8,71 ± 0,06)E+2	(4,19 ± 0,87)E-1	(9,02 ± 0,44)E+0
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(2,16 ± 0,01)E+2	(1,04 ± 0,22)E-1	(2,24 ± 0,11)E+0

ZADAR Mjeseci		$^{7}\text{Be}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
I. - III.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(3,77 ± 0,15)E+1	<(1,53 ± 0,01)E+0	(3,16 ± 0,22)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(7,34 ± 0,29)E+1	<(2,97 ± 0,02)E-1	(6,16 ± 0,42)E+0
IV. - VI.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(7,57 ± 0,24)E+2	<(1,59 ± 0,01)E+0	<(1,85 ± 0,16)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(7,04 ± 0,02)E+1	<(1,48 ± 0,01)E-1	<(1,72 ± 0,14)E+0
VII. - IX.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(2,47 ± 0,22)E+2	<(1,62 ± 0,01)E+0	(2,57 ± 0,20)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(3,09 ± 0,28)E+1	<(2,02 ± 0,01)E-1	(3,21 ± 0,25)E+0
X. - XII.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(2,49 ± 0,19)E+1	<(1,58 ± 0,01)E+0	<(1,61 ± 0,11)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(9,26 ± 0,71)E+1	<(5,87 ± 0,04)E-1	<(6,01 ± 0,41)E+0

### 3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

OSIJEK Mjeseci		<sup>7</sup> Be	<sup>137</sup> Cs	<sup>40</sup> K
I - VI.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(8,22 ± 0,40)E+2	<(1,63 ± 0,07)E+0	(5,95 ± 0,33)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(3,53 ± 0,17)E+2	<(6,99 ± 0,29)E-1	(2,55 ± 0,14)E+0
VII - XII.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(9,56 ± 0,55)E+2	<(1,49 ± 0,01)E+0	(1,74 ± 0,11)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(4,14 ± 0,24)E+2	<(6,44 ± 0,02)E-1	(7,55 ± 0,47)E+1
BJELOVAR Mjeseci		<sup>7</sup> Be	<sup>137</sup> Cs	<sup>40</sup> K
I - VI.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(3,82 ± 0,33)E+2	<(2,04 ± 0,09)E+0	<(2,37 ± 0,16)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(1,07 ± 0,09)E+2	<(5,71 ± 0,25)E-1	<(6,63 ± 0,45)E+0
VII - XII.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(2,54 ± 0,51)E+2	<(1,21 ± 0,04)E+0	<(1,53 ± 0,09)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(9,25 ± 1,85)E+1	<(4,42 ± 0,01)E-1	<(5,58 ± 0,31)E+0
PULA Mjeseci		<sup>7</sup> Be	<sup>137</sup> Cs	<sup>40</sup> K
I - VI.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(6,37 ± 0,39)E+1	<(1,72 ± 0,06)E+0	(6,79 ± 0,43)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(1,92 ± 0,12)E+2	<(5,20 ± 0,19)E-1	(2,05 ± 0,13)E+1
VII - XII.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(3,47 ± 0,28)E+2	<(1,45 ± 0,05)E+0	(2,24 ± 0,16)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(1,13 ± 0,09)E+2	<(4,72 ± 0,02)E-1	(7,27 ± 0,52)E+0

### 3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

RIJEKA		$^{7}\text{Be}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
Mjeseci				
I - VI.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(2,62 ± 0,07)E+3	<(2,10 ± 0,01)E+0	<(2,33 ± 0,13)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(1,79 ± 0,05)E+3	<(1,43 ± 0,01)E+0	<(1,59 ± 0,09)E+1
VII - XII.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(1,44 ± 0,04)E+3	<(1,72 ± 0,01)E+0	<(1,94 ± 0,12)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(9,31 ± 0,29)E+2	<(1,11 ± 0,01)E+0	<(1,25 ± 0,08)E+1

DUBROVNIK		$^{7}\text{Be}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
Mjeseci				
I - VI.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(1,12 ± 0,05)E+3	(2,53 ± 0,85)E+0	<(1,47 ± 0,11)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(6,19 ± 0,25)E+2	(1,39 ± 0,47)E+0	<(9,61 ± 0,59)E+0
VI. - XII.	[Bqm <sup>-3</sup> ]	(2,14 ± 0,07)E+3	<(1,95 ± 0,02)E+0	<(2,06 ± 0,15)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(9,63 ± 0,33)E+2	<(8,78 ± 0,07)E-1	<(9,28 ± 0,65)E+0

### 3.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U OBORINAMA

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

ZAGREB		$^{90}\text{Sr}$
Mjeseci		
I - III.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(2,78 \pm 0,67)\text{E+0}$
IV - VI.	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(4,25 \pm 1,02)\text{E-1}$
VII - IX.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(1,36 \pm 0,32)\text{E+0}$
X - XII.	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(2,96 \pm 0,69)\text{E-1}$
	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(1,59 \pm 0,46)\text{E+0}$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(2,71 \pm 0,78)\text{E-1}$
	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(9,84 \pm 2,44)\text{E-1}$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(2,45 \pm 0,60)\text{E-1}$

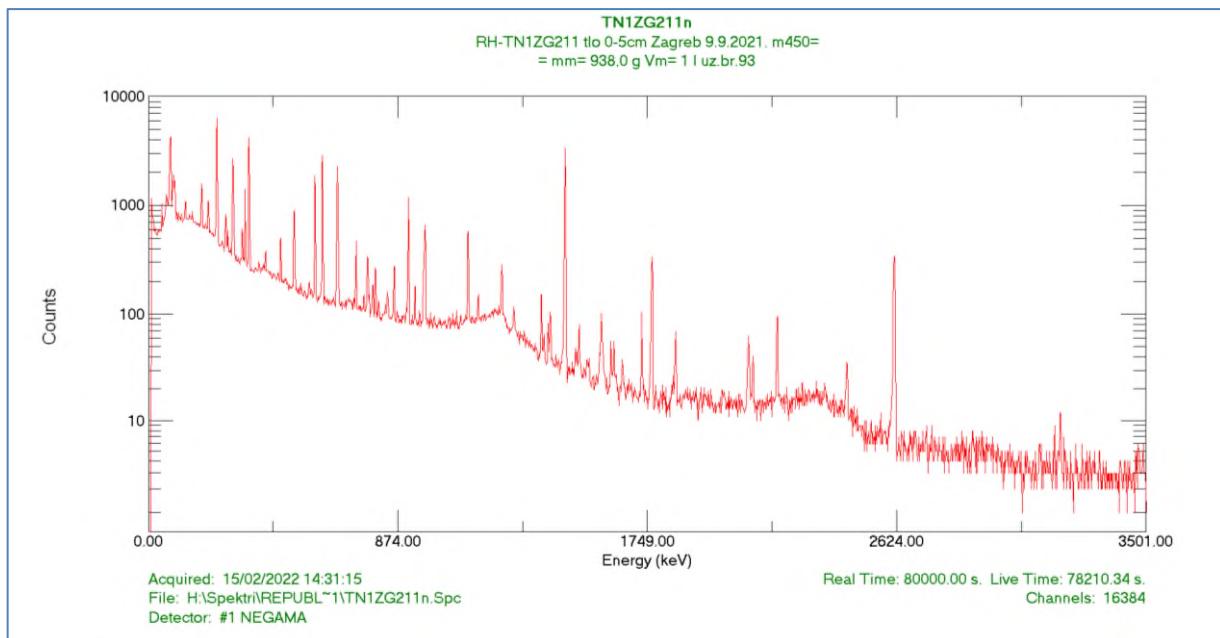
Koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima oborina uzorkovanih u Zagrebu u 2021. godini ne odstupaju značajno od prošlogodišnjih vrijednosti.

## 4. TLO



#### 4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA

Uzimanje uzorka tla provodi se bušačem promjera 10 cm na površini od 1 m<sup>2</sup> 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.



Slika 6. Primjer gamaspektra uzorka tla

## 4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA NEOBRAĐENO TLO

### ZAGREB

*Datum uzorkovanja: 8.9.2021.*

Sloj [cm]		$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	K
0-5	[ $\text{Bqkg}^{-1}$ ]	(1,59 ± 0,01)E+1	(4,77 ± 0,02)E+2	[ $\text{gkg}^{-1}$ ] (1,54 ± 0,01)E+1
	[ $\text{Bqm}^{-2}$ ]	(1,01 ± 0,01)E+3	(3,04 ± 0,02)E+4	[ $\text{gm}^{-2}$ ] (9,82 ± 0,05)E+2
5-10	[ $\text{Bqkg}^{-1}$ ]	(1,74 ± 0,01)E+1	(4,73 ± 0,02)E+2	[ $\text{gkg}^{-1}$ ] (1,53 ± 0,01)E+1
	[ $\text{Bqm}^{-2}$ ]	(1,01 ± 0,01)E+3	(3,04 ± 0,02)E+4	[ $\text{gm}^{-2}$ ] (9,82 ± 0,05)E+2
10-15	[ $\text{Bqkg}^{-1}$ ]	(1,73 ± 0,01)E+1	(4,64 ± 0,02)E+2	[ $\text{gkg}^{-1}$ ] (1,50 ± 0,01)E+1
	[ $\text{Bqm}^{-2}$ ]	(1,10 ± 0,01)E+3	(2,95 ± 0,01)E+4	[ $\text{gm}^{-2}$ ] (9,55 ± 0,05)E+2

### ZADAR

*Datum uzorkovanja: 17.5.2021.*

Sloj [cm]		$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	K
0-5	[ $\text{Bqkg}^{-1}$ ]	(1,00 ± 0,01)E+1	(4,12 ± 0,02)E+2	[ $\text{gkg}^{-1}$ ] (1,33 ± 0,01)E+1
	[ $\text{Bqm}^{-2}$ ]	(3,83 ± 0,04)E+2	(1,57 ± 0,01)E+4	[ $\text{gm}^{-2}$ ] (5,09 ± 0,03)E+2
5-10	[ $\text{Bqkg}^{-1}$ ]	(1,05 ± 0,01)E+1	(4,05 ± 0,02)E+2	[ $\text{gkg}^{-1}$ ] (1,31 ± 0,01)E+1
	[ $\text{Bqm}^{-2}$ ]	(4,02 ± 0,04)E+2	(1,55 ± 0,01)E+4	[ $\text{gm}^{-2}$ ] (5,01 ± 0,03)E+2
10-15	[ $\text{Bqkg}^{-1}$ ]	(9,31 ± 0,10)E+0	(3,64 ± 0,02)E+2	[ $\text{gkg}^{-1}$ ] (1,18 ± 0,01)E+1
	[ $\text{Bqm}^{-2}$ ]	(3,56 ± 0,04)E+2	(1,39 ± 0,01)E+4	[ $\text{gm}^{-2}$ ] (4,50 ± 0,03)E+2

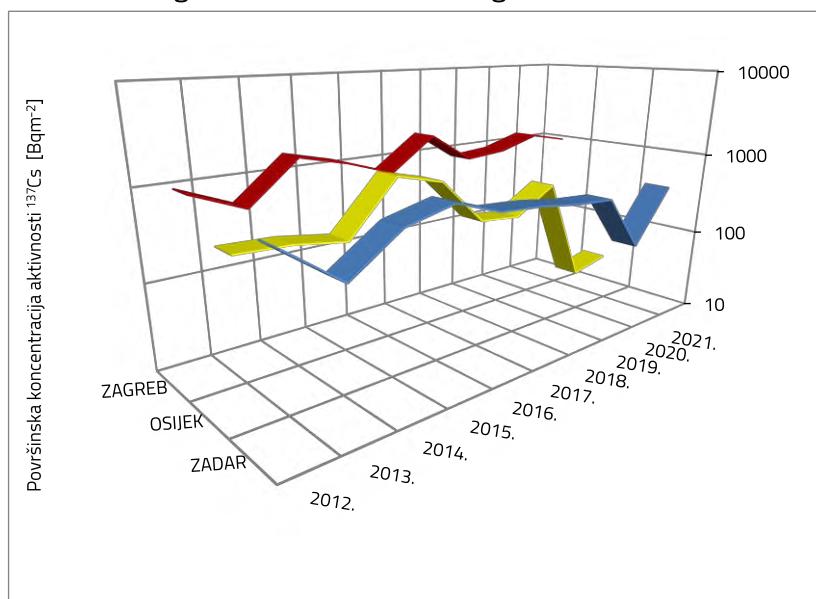
#### 4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA NEOBRAĐENO TLO

##### OSIJEK

Datum uzorkovanja: 7.5.2021.

Sloj [cm]		$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	K
0-5	[Bqkg <sup>-1</sup> ]	(6,64 ± 0,64)E-1	(6,12 ± 0,03)E+2	[gkg <sup>-1</sup> ] (1,98 ± 0,01)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(2,54 ± 0,25)E+1	(2,34 ± 0,01)E+4	[gm <sup>-2</sup> ] (7,56 ± 0,04)E+2
5-10	[Bqkg <sup>-1</sup> ]	(3,04 ± 0,08)E+0	(6,28 ± 0,03)E+2	[gkg <sup>-1</sup> ] (2,03 ± 0,01)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(1,16 ± 0,03)E+2	(2,40 ± 0,01)E+4	[gm <sup>-2</sup> ] (7,75 ± 0,04)E+2
10-15	[Bqkg <sup>-1</sup> ]	(2,73 ± 0,08)E+0	(5,99 ± 0,03)E+2	[gkg <sup>-1</sup> ] (1,94 ± 0,01)E+1
	[Bqm <sup>-2</sup> ]	(1,04 ± 0,03)E+2	(2,29 ± 0,01)E+4	[gm <sup>-2</sup> ] (7,40 ± 0,04)E+2

Na slici 7. prikazane su vrijednosti koncentracija aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  [Bq/m<sup>2</sup>] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla od 2012. do 2021. godine.



Slika 7. Koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  [Bq/m<sup>2</sup>] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

Koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  izmjerene u prvim slojevima neobrađenih tala iz Zagreba, Zadra i Osijeka ne odstupaju od prosječnih vrijednosti u proteklih 10 godina.

#### 4.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U TLU

Uzorci tla se nakon sušenja, prosijavanja i žarenja obrađuju modificiranim 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-25-5.

##### ZAGREB

Datum uzorkovanja: 8.9.2021.		
	$^{90}\text{Sr}$	
Sloj [cm]	[Bqkg $^{-1}$ ]	[Bqm $^{-2}$ ]
0 - 5	(7,50 ± 1,79) E-1	(4,11 ± 0,18) E+1
5 - 10	(5,53 ± 1,36) E-1	(2,80 ± 0,69) E+1
10 - 15	(8,05 ± 1,19) E-1	(5,35 ± 1,25) E+1

##### ZADAR

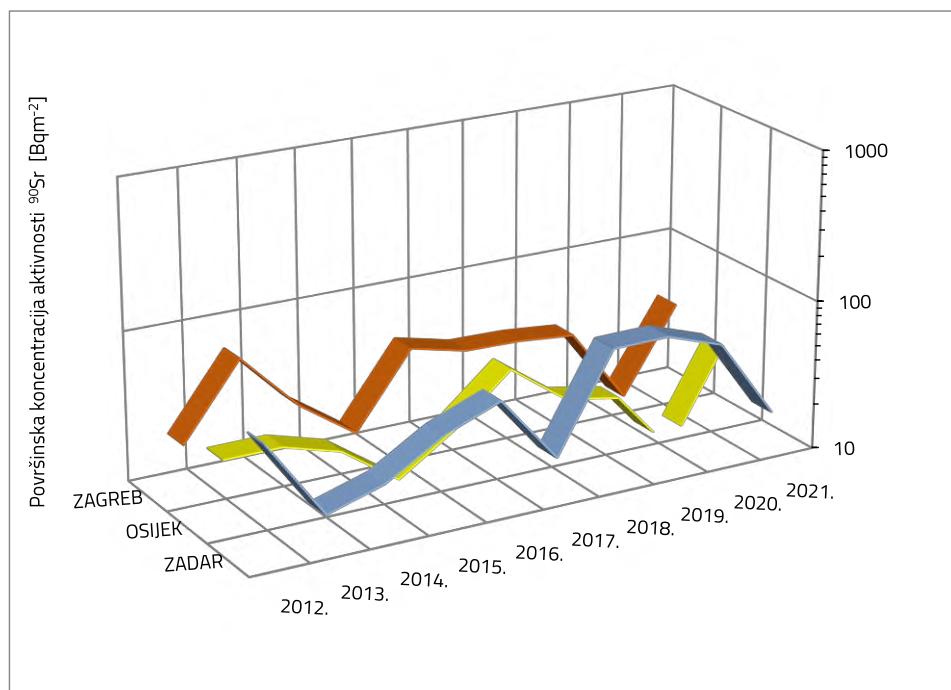
Datum uzorkovanja: 17.5.2021.		
	$^{90}\text{Sr}$	
Sloj [cm]	[Bqkg $^{-1}$ ]	[Bqm $^{-2}$ ]
0 - 5	(4,53 ± 1,06) E-1	(1,69 ± 0,40) E+1
5 - 10	(5,83 ± 1,37) E-1	(2,83 ± 0,66) E+1
10 - 15	(4,40 ± 1,51) E-1	(2,05 ± 0,70) E+1

##### OSIJEK

Datum uzorkovanja: 7.5.2021.		
	$^{90}\text{Sr}$	
Sloj [cm]	[Bqkg $^{-1}$ ]	[Bqm $^{-2}$ ]
0 - 5	(4,76 ± 1,46) E-1	(3,18 ± 0,98) E+1
5 - 10	(8,18 ± 1,96) E-1	(5,63 ± 1,35) E+1
10 - 15	(8,09 ± 1,97) E-1	(5,47 ± 1,33) E+1

#### 4.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U TLU

Na uzorcima prvih slojeva neobrađenih uzoraka tala, u kojima je gamaspektrometrijski analiziran  $^{137}\text{Cs}$ , radiokemijskom analizom određen je i  $^{90}\text{Sr}$ . Na slici 8. prikazani su trendovi koncentracija aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u prvim slojevima neobrađenog tla.



Slika 8. Koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  [Bq/m<sup>2</sup>] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

U odnosu na prošlogodišnje vrijednosti, izmjerene koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u prvim slojevima neobrađenog tla više su u odnosu na 2020. godinu na lokacijama Zagreb i Osijek, dok je na lokaciji Zadar vrijednost niža u odnosu na 2020. godinu.

## 5. RIJEKE



## 5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

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

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{131}\text{I}$
		[Bqm <sup>-3</sup> ]		
<b><i>Rijeka SAVA</i></b>				
ZAGREB	18.1.2021.	<(6,06 ± 0,01)E-1	(7,35 ± 1,09)E+0	-
	2.6.2021.	<(7,88 ± 0,01)E-1	(4,08 ± 0,17)E+1	-
	8.9.2021.	<(7,63 ± 0,01)E-1	(4,33 ± 0,20)E+1	-
	8.12.2021.	(5,18 ± 1,31)E-1	(5,83 ± 0,26)E+1	-
HARMICA	18.1.2021.	<(4,49 ± 0,01)E-1	(4,24 ± 0,27)E+1	-
	25.5.2021.	<(8,38 ± 0,02)E-1	(9,60 ± 0,40)E+1	-
	8.9.2021.	(7,20 ± 2,35)E-1	(3,50 ± 0,43)E+1	-
	13.12.2021.	<(7,62 ± 0,01)E-1	(7,76 ± 0,29)E+1	-
SISAK	24.2.2021.	<(6,21 ± 0,01)E-1	(5,23 ± 0,44)E+1	(9,96 ± 1,28)E+0
	5.5.2021.	<(9,87 ± 0,02)E-1	(4,55 ± 0,28)E+1	-
	8.9.2021.	<(8,23 ± 0,32)E-1	(7,85 ± 0,40)E+1	-
	22.12.2020.	<(4,19 ± 0,01)E-1	(6,09 ± 0,29)E+1	-
ŽUPANJA	13.1.2021.	(1,16 ± 0,30)E+0	<(7,84 ± 1,23)E+1	-
	7.5.2021.	<(8,88 ± 0,02)E-1	(4,20 ± 0,23)E+1	-
	28.9.2021.	<(9,58 ± 0,02)E-1	(6,21 ± 0,34)E+1	(7,12 ± 1,66)E+0
	14.12.2021.	<(9,30 ± 0,02)E-1	(6,21 ± 0,30)E+1	(9,22 ± 2,66)E+0

## 5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
		[Bqm <sup>-3</sup> ]	
<i>Rijeka DRAVA</i>			
VARAŽDIN	25.5.2021.	(1,19 ± 0,29)E+0	(5,07 ± 0,24)E+1
	11.10.2021.	<(9,66 ± 0,56)E-1	(7,35 ± 0,42)E+1
OSIJEK	6.5.2021.	(1,13 ± 0,28)E+0	(5,62 ± 0,28)E+1
	27.9.2021.	<(9,03 ± 0,02)E-1	(9,46 ± 0,42)E+1
<i>Rijeka DUNAV</i>			
BATINA	6.5.2021.	(2,08 ± 0,39)E+0	(8,93 ± 0,42)E+1
	27.9.2021.	(1,44 ± 0,24)E+0	(1,02 ± 0,05)E+2
VUKOVAR	6.5.2021.	<(1,04 ± 0,01)E+0	(1,06 ± 0,05)E+2
	27.9.2021.	(1,32 ± 0,23)E+0	(9,78 ± 0,33)E+1
<i>Rijeka NERETVA</i>			
OPUZEN	17.9.2021.	<(1,17 ± 0,07)E+0	(1,50 ± 0,06)E+2
<i>Rijeka KRKA</i>			
SKRADIN	15.9.2021.	<(7,25 ± 0,26)E-1	(1,71 ± 0,11)E+1

## 5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH 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). Najniža mjerljiva koncentracija aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  od  $0,518 \text{ Bqm}^{-3}$  izmjerena je u srpnju u vodi rijeke Save u Zagrebu, a najviša u svibnju u rijeci Dunvau kod Batine od  $2,08 \text{ Bqm}^{-3}$ . Koncentracija aktivnosti prirodnog  $^{40}\text{K}$  u uzorcima rječnih voda kretala se od  $7,35 \text{ Bqm}^{-3}$  u vodi rijeke Save u Zagrebu u siječnju 2021. godine do  $150 \text{ Bqm}^{-3}$  u rijeci Neretvi kod Opuzena u rujnu 2021. godine.

## 5.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U RJEĆNIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstranjuju primjese, a stroncij se određuje radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao  $^{90}\text{Y}$  mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqm $^{-3}$ ]
<i>Rijeka SAVA</i>		
ZAGREB	18.1.2021.	(5,72 ± 2,66)E-1
HARMICA	18.1.2021.	(3,18 ± 0,75)E+0
SISAK	24.2.2021.	(9,36 ± 2,76)E-1
ŽUPANJA	13.1.2021.	(3,90 ± 0,93)E+0

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqm $^{-3}$ ]
<i>Rijeka DRAVA</i>		
OSIJEK	6.5.2021.	(2,00 ± 0,49)E+0

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqm $^{-3}$ ]
<i>Rijeka DUNAV</i>		
VUKOVAR	6.5.2021.	(6,49 ± 1,50)E+0

## 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	$^{137}\text{Cs}$ [Bqm $^{-3}$ ]	$^{40}\text{K}$
<i>Plitvička jezera</i>			
KOZJAK	17.5.2021.	$<(4,30 \pm 0,01)\text{E-1}$	$(5,54 \pm 0,40)\text{E-1}$
	21.10.2021.	$(8,88 \pm 2,13)\text{E-1}$	$<(5,13 \pm 0,91)\text{E+0}$
<i>Vransko jezero</i>			
VRANA	18.5.2021.	$(9,69 \pm 2,52)\text{E-1}$	$(4,63 \pm 0,08)\text{E+2}$
	22.10.2021.	$(1,07 \pm 0,04)\text{E+0}$	$(1,15 \pm 0,01)\text{E+3}$

## 6.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U JEZERSKIM VODAMA

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstranjuju primjese, a stroncij se određuje radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao  $^{90}\text{Y}$  mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqm $^{-3}$ ]
<i>Plitvička jezera</i>		
KOZJAK	17.5.2021.	$(3,59 \pm 0,86)\text{E+0}$
<i>Vransko jezero</i>		
VRANA	18.5.2021.	$(3,47 \pm 2,03)\text{E-1}$

## 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 mjerena 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	$^{137}\text{Cs} / [\text{Bqm}^{-3}]$	K / [ $\text{gm}^{-3}$ ]
ROVINJ	27.5.2021.	$<(1,03 \pm 0,01)\text{E}+0$	432
	22.9.2021.	$<(3,01 \pm 0,16)\text{E}+0$	367
PLOMINSKI ZALJEV	28.5.2021.	$(1,64 \pm 0,59)\text{E}+0$	259
	22.9.2021.	$(3,24 \pm 0,84)\text{E}+0$	360
RIJEKA	27.5.2021.	$<(9,52 \pm 0,02)\text{E}-1$	223
	13.10.2021.	$<(3,16 \pm 0,20)\text{E}+0$	304
KAŠTELANSKI ZALJEV	10.6.2021.	$(3,26 \pm 0,69)\text{E}+0$	432
	15.9.2021.	$(3,63 \pm 0,22)\text{E}+0$	311
SPLIT	10.6.2021.	$<(3,07 \pm 0,15)\text{E}+0$	438
	17.9.2021.	$<(2,66 \pm 0,01)\text{E}+0$	360
DUBROVNIK	9.6.2021.	$<(3,03 \pm 0,20)\text{E}+0$	394
	16.9.2021.	$<(2,49 \pm 0,14)\text{E}+0$	324

Morska voda uzorkovana je duž cijele jadranske obale (u Rovinju, Rijeci, Plominskom zaljevu, Kaštelanskom zaljevu, Splitu i Dubrovniku). Vrijednosti koncentracija aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  vrlo su niske i u većini uzoraka ispod granice detekcije.

## 7.1.R SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{226}\text{Ra}$ u MORSKOJ VODI

U jednokratnim uzorcima morske vode provodi se specifično određivanje  $^{226}\text{Ra}$  uz dodatak barijevog nosača. Radij se nakon čišćenja i taloženja određuje brojanjem na alfaspektrometru pomoću Si detektora (PIPS detektor: površine  $450\text{ mm}^2$ , rezolucije za  $^{241}\text{Am}$  od  $19\text{ keV}$ ).

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{226}\text{Ra} / [\text{Bqm}^{-3}]$
PLOMINSKI	28.5.2021.	$(5,24 \pm 2,69)\text{E}+1$
ZALJEV	22.9.2021.	$<(3,13 \pm 0,12)\text{E}+1$
KAŠTELANSKI ZALJEV	10.6.2021. 15.9.2021.	$<(1,04 \pm 0,28)\text{E}+2$ $<(1,21 \pm 0,32)\text{E}+2$

Koncentracije aktivnosti  $^{226}\text{Ra}$  u uzorcima morske vode u RH izrazito su niske, većinom ispod granice detekcije, te u odnosu na prošlu godinu nema značajnog odstupanja.

## 7.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ u MORSKOJ VODI

Ukupno 90 L uzorka mora miješa se 4 h kako bi se istaložili oksalati. Talog se nakon sušenja na  $80\text{ }^\circ\text{C}$  spaljuje u peći na  $850\text{ }^\circ\text{C}$  tijekom 10h. Stroncij se određuje radiokemijski taloženjem Y. Odvojen kao  $^{90}\text{Y}$  mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr} / [\text{Bqm}^{-3}]$
ROVINJ	27.5.2021.	$(2,03 \pm 0,24)\text{E}+0$
SPLIT	10.6.2021.	$(9,83 \pm 1,22)\text{E}-1$

Nema značajnijih razlika u koncentracijama aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima morske vode u Rovinju i Splitu u odnosu na 2020. godinu.

## 7.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MORSKIH MOBILNIH INDIKATORSKIH ORGANIZAMA

Jednokratno skupljeni uzorci indikatorskih organizama spaljuju se otvorenim plamenom, a nakon toga u peći na 450 °C. Volumni alikvot pepela mjeri se gamaspektrometrijski.

Mjesto	Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
			[Bqkg $^{-1}$ ]	
ROVINJ	Muzgavci	28.5.2021.	<(1,09 ± 0,09)E-1	(7,99 ± 0,18)E+1
PLOMINSKI ZALJEV	Muzgavci	21.9.2021.	<(1,27 ± 0,10)E-1	(6,68 ± 0,19)E+1
RIJEKA	Muzgavci	27.5.2021.	<(9,00 ± 0,69)E-2	(6,99 ± 0,17)E+1
ZADAR (NOVIGRADSKO MORE)	Muzgavci	22.10.2021.	<(1,09 ± 0,08)E-1	(8,41 ± 0,19)E+1
SPLIT	Muzgavci	8.6.2021.	<(8,87 ± 0,70)E-2	(8,81 ± 0,19)E+1
DUBROVNIK	Muzgavci	16.9.2021.	<(1,08 ± 0,10)E-1	(1,21 ± 0,02)E+2

Kako bi se dobila potpunija slika o radioaktivnoj kontaminaciji mora, analizirani su i jednokratno skupljeni bioindikatorski organizami u Rovinju, Plominskom zaljevu, Rijeci, Novigradskom moru, Splitu, te Dubrovniku. Koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u uzorcima muzgavaca vrlo su niske i ispod su granica detekcije.

## **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 uzorka je provedeno jednokratno (volumena oko 50 L).

### ZAGREB

Mjesec	$^{137}\text{Cs}$ [Bqm <sup>-3</sup> ]	$^{40}\text{K}$
I.-III.	<(2,50 ± 0,01)E-1	(6,65 ± 0,29)E+1
IV.-VI.	<(2,90 ± 0,01)E-1	(6,91 ± 0,22)E+1
VII.-IX.	<(2,95 ± 0,01)E-1	(6,97 ± 0,21)E+1
X.-XII.	<(5,63 ± 0,25)E-1	(2,61 ± 0,17)E+1

### JEDNOKRATNI UZORCI

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs} / [\text{Bqm}^{-3}]$
OSIJEK	28.9.2021.	<(5,50 ± 0,01)E-1
ISTARSKI VODOVOD	28.5.2021.	<(4,65 ± 0,01)E-1
SPLIT	10.6.2021.	<(2,18 ± 0,01)E+0
DUBROVNIK	9.6.2021.	<(4,60 ± 0,01)E-1

Koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u svim tromjesečnim i jednokratnim uzorcima vodovodnih voda bile su ispod granica detekcije.

## 8.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U VODOVODNOJ VODI

Upareni ostatak zbrojnog tromjesečnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao  $^{90}\text{Y}$  mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

### ZAGREB

Mjesec	$^{90}\text{Sr} / [\text{Bqm}^{-3}]$
I.-III.	$(3,69 \pm 1,10)\text{E-1}$
IV.-VI.	$(2,73 \pm 1,11)\text{E-1}$
VII.-IX.	$(3,60 \pm 1,41)\text{E-1}$
X.-XII.	$(1,67 \pm 1,11)\text{E-1}$

Koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima vodovodne vode u Zagrebu bile su nešto niže u odnosu na 2020. 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 mjerjenja, kako bi u uzorku bila postignuta ravnoteža radijevih potomaka.

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs}$ [Bqm $^{-3}$ ]
BALE	22.9.2021.	$<(1,03 \pm 0,07)\text{E}+0$
DOLI	9.6.2021.	$<(8,82 \pm 0,36)\text{E}-1$
MARINA	15.9.2021.	$<(4,34 \pm 0,01)\text{E}-1$
PAG	21.10.2021.	$<(8,42 \pm 0,36)\text{E}-1$

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

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

Upareni ostatak jednokratnog uzorka tretira se dušičnom kiselinom. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao  $^{90}\text{Y}$  mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicontainer system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqm $^{-3}$ ]
BALE	22.9.2021.	$(7,20 \pm 1,69)\text{E}+0$
DOLI	9.6.2021.	$(6,95 \pm 2,81)\text{E}-1$
MARINA	15.9.2021.	$(1,91 \pm 0,48)\text{E}+0$
PAG	21.10.2021.	$(5,54 \pm 2,30)\text{E}-1$

Koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima kišnice gotovo su iste u odnosu na 2020. godinu.

## **9. PREHRAMBENI ARTIKLI**

### **9.1. MLIJEKO**

### **9.2. OSTALA LJUDSKA HRANA**

### **9.3. CJELOVITI OBROCI HRANE**



## 9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLJEKA

Skupljani su dnevni uzorci mlijeka i spajani u zbrojne mjesečne ili dvomjesečne, koji se spaljuju pod infracrvenim lampama, otvorenim plamenom, a potom u peći na 450 °C. Na alikvotu pepela provodi se gamaspektrometrijska analiza.

### MLJEKARA - ZAGREB

Mjesec	$^{137}\text{Cs}$	
	[Bq l <sup>-1</sup> ]	[Bq g <sup>-1</sup> (K)]
Siječanj	(3,79 ± 0,48)E-2	(2,54 ± 0,32)E-2
Veljača	(4,30 ± 0,37)E-2	(2,82 ± 0,25)E-2
Ožujak	(2,40 ± 0,26)E-2	(1,68 ± 0,18)E-2
Travanj	(2,74 ± 0,29)E-2	(1,87 ± 0,20)E-2
Svibanj	(2,19 ± 0,25)E-2	(1,39 ± 0,16)E-2
Lipanj	(3,05 ± 0,31)E-2	(1,90 ± 0,20)E-2
Srpanj	(2,45 ± 0,27)E-2	(1,48 ± 0,17)E-2
Kolovoz	<(1,43 ± 0,20)E-2	-
Rujan	(2,05 ± 0,33)E-2	(1,32 ± 0,21)E-2
Listopad	(2,21 ± 0,20)E-2	(1,40 ± 0,13)E-2
Studeni	(2,48 ± 0,29)E-2	(1,42 ± 0,17)E-2
Prosinac	(2,11 ± 0,24)E-2	(1,41 ± 0,16)E-2

## 9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLJEKA

### MLJEKARA - OSIJEK

Mjesec	<sup>137</sup> Cs	
	[Bq l <sup>-1</sup> ]	[Bq g <sup>-1</sup> (K)]
I.-II.	<(1,13 ± 0,17)E-2	-
III.-IV.	<(1,10 ± 0,13)E-2	-
V.-VI.	<(1,10 ± 0,17)E-2	-
VII.-VIII.	<(1,42 ± 0,16)E-2	-
IX.-X.	<(1,13 ± 0,15)E-2	-
XI.-XII.	<(1,13 ± 0,15)E-2	-

### MLJEKARA - ZADAR

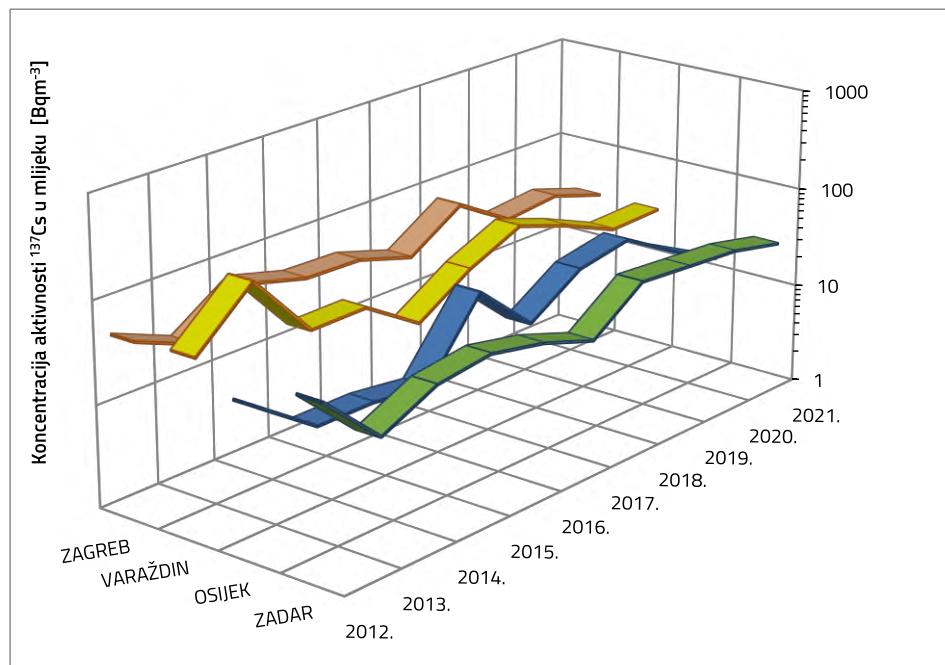
Mjesec	<sup>137</sup> Cs	
	[Bq l <sup>-1</sup> ]	[Bq g <sup>-1</sup> (K)]
I.-II.	(3,13 ± 0,22)E-2	(2,16 ± 0,15)E-2
III.-IV.	<(1,43 ± 0,23)E-2	-
V.-VI.	(2,10 ± 0,30)E-2	(1,70 ± 0,25)E-2
VII.-VIII.	(2,04 ± 0,24)E-2	(1,37 ± 0,16)E-2
IX.-X.	<(1,40 ± 0,18)E-2	-
XI.-XII.	<(1,40 ± 0,18)E-2	-

## 9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLJEKA

### MLJEKARA – VARAŽDIN

Mjesec	$^{137}\text{Cs}$	
	[Bq l <sup>-1</sup> ]	[Bq g <sup>-1</sup> (K)]
I.-II.	$<(1,40 \pm 0,18)\text{E-}2$	-
III.-IV.	$(2,78 \pm 0,44)\text{E-}2$	$(1,61 \pm 0,26)\text{E-}2$
V.-VI.	$(2,03 \pm 0,24)\text{E-}2$	$(1,23 \pm 0,15)\text{E-}2$
VII.-VIII.	$(3,20 \pm 0,31)\text{E-}2$	$(2,09 \pm 0,21)\text{E-}2$
IX.-X.	$<(1,43 \pm 0,22)\text{E-}2$	-
XI.-XII.	$<(1,72 \pm 0,24)\text{E-}2$	-

Gamaspektrometrijske analize provedene su na zbrojnim mjesecnim (Zagreb) i dvomjesečnim uzorcima skupljenima u mljekarama u Osijeku, Zadru, i Varaždinu. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  prikazane su na slici 9. i ne odstupaju značajno u odnosu na 2020. godinu.



Slika 9. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

## 9.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ 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  $^{90}\text{Sr}$  temeljem radioaktivne ravnoteže s  $^{90}\text{Y}$  koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

### MLJEKARA – ZAGREB

Mjesec	$^{90}\text{Sr}$ [BqL <sup>-1</sup> ]
Siječanj	(3,51 ± 0,87)E-2
Veljača	(3,35 ± 0,83)E-2
Ožujak	(3,57 ± 0,89)E-2
Travanj	(3,64 ± 0,90)E-2
Svibanj	(2,79 ± 0,72)E-2
Lipanj	(3,18 ± 0,82)E-2
Srpanj	(3,56 ± 0,89)E-2
Kolovoz	(3,45 ± 0,87)E-2
Rujan	(2,73 ± 0,72)E-2
Listopad	(3,80 ± 0,96)E-2
Studeni	(3,48 ± 0,87)E-2
Prosinac	(2,83 ± 0,76)E-2

## 9.1.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U MLJEKU

### MLJEKARA - OSIJEK

Mjesec	$^{90}\text{Sr}$ [Bq l <sup>-1</sup> ]
I. - II.	(5,14 ± 1,22)E-2
III.-IV.	(4,19 ± 1,00)E-2
V.-VI.	(3,45 ± 0,84)E-2
VII.-VIII.	(5,67 ± 1,36)E-2
IX.-X.	(3,71 ± 0,91)E-2
XI. - XII.	(2,40 ± 0,64)E-2

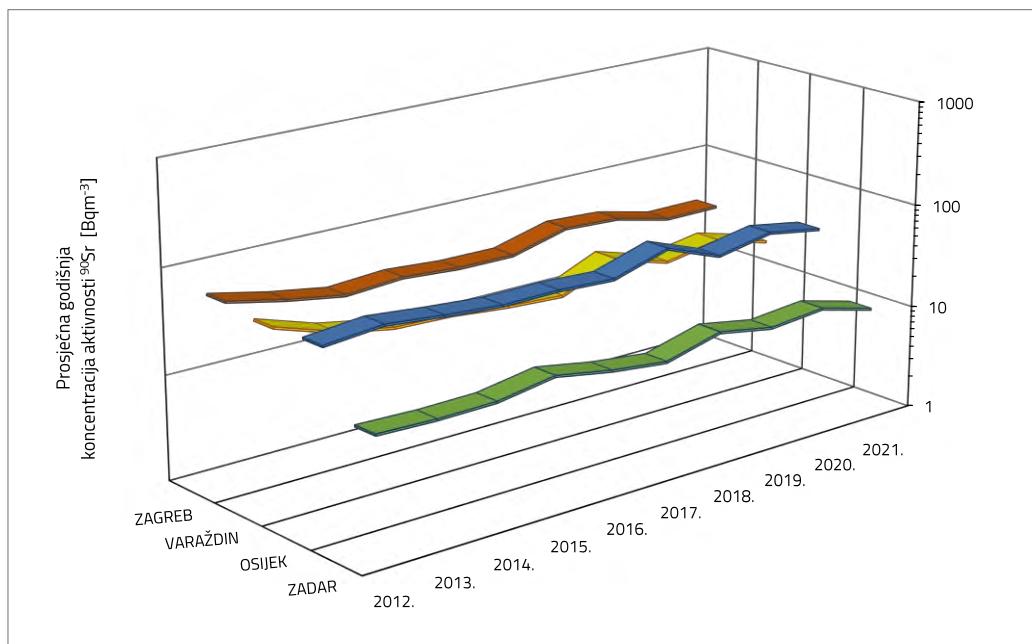
### MLJEKARA - ZADAR

Mjesec	$^{90}\text{Sr}$ [Bq l <sup>-1</sup> ]
I. - II.	(1,13 ± 0,39)E-2
III.-IV.	(7,70 ± 2,70)E-3
V.-VI.	(9,10 ± 3,30)E-3
VII.-VIII.	(1,06 ± 0,36)E-2
IX.-X.	(7,50 ± 3,10)E-3
XI. - XII.	(1,22 ± 0,41)E-2

## 9.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U MLJEKU

### MLJEKARA - VARAŽDIN

Mjesec	$^{90}\text{Sr}$ [Bq l $^{-1}$ ]
I. - II.	(2,46 ± 0,66) E-2
III.-IV.	(1,14 ± 0,40) E-2
V.-VI.	(1,48 ± 0,47) E-2
VII.-VIII.	(2,08 ± 0,60) E-2
IX.-X.	(2,28 ± 0,65) E-2
XI. - XII.	(3,21 ± 0,81) E-2



Slika 10. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u mljeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

Koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima mlijeka ne odstupaju u odnosu na 2020. godinu.

## 9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

Uzorci ljudske hrane uzimaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se otvorenim plamenom i u peći na 450 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsku analizu.

### REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
		[Bqkg $^{-1}$ ]	
Blitva	28.4.2021.	(2,38 ± 0,27)E-2	(7,41 ± 0,29)E+1
Salata	28.4.2021.	(2,52 ± 0,31)E-2	(9,98 ± 0,04)E+1
Jabuke	5.10.2021.	<(3,76 ± 0,02)E-1	(3,34 ± 0,03)E+1
Krumpir	5.10.2021.	(1,99 ± 0,39)E-2	(1,22 ± 0,01)E+2
Kupus	5.10.2021.	(9,05 ± 3,45)E-3	(7,79 ± 0,02)E+1
Jaja	3.5.2021.	<(2,75 ± 0,31)E-2	(4,65 ± 0,03)E+1
Svinjetina	5.10.2021.	<(1,14 ± 0,08)E-1	(1,25 ± 0,03)E+2
Piletina	3.5.2021.	<(1,13 ± 0,09)E-1	(1,03 ± 0,02)E+2
Riba/pastrva	14.5.2021.	(7,00 ± 0,80)E-2	(1,09 ± 0,01)E+2
Grah	5.10.2021.	(1,71 ± 0,25)E-1	(4,29 ± 0,03)E+2
Junetina	5.10.2021.	<(9,63 ± 0,69)E-2	(1,03 ± 0,02)E+2
Šumsko voće - borovnice	26.6.2021.	(1,76 ± 0,05)E+0	(3,77 ± 0,10)E+1

## 9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

### SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	<sup>137</sup> Cs	<sup>40</sup> K
		[Bqkg <sup>-1</sup> ]	
Salata	6.5.2021.	(3,48 ± 0,58)E-2	(1,17 ± 0,01)E+2
Jaja	6.5.2021.	<(3,20 ± 0,51)E-2	(4,08 ± 0,04)E+1
Kupus	28.9.2021.	(1,99 ± 0,30)E-2	(4,95 ± 0,02)E+1
Jabuke	28.9.2021.	(8,01 ± 2,81)E-3	(4,87 ± 0,02)E+1
Krumpir	28.9.2021.	<(1,51 ± 0,14)E-2	(1,02 ± 0,01)E+2
Grah	28.9.2021.	<(1,11 ± 0,23)E-1	(4,74 ± 0,03)E+2
Svinjetina	28.9.2021.	<(1,10 ± 0,09)E-1	(1,15 ± 0,02)E+2
Junetina	28.9.2021.	<(1,01 ± 0,08)E-1	(1,24 ± 0,02)E+2
Piletina	7.5.2021.	<(7,64 ± 0,44)E-2	(1,29 ± 0,02)E+2
Riba/šaran	7.5.2021.	<(3,98 ± 0,53)E-2	(8,42 ± 0,07)E+1

## 9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

### PRIOBALNA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
		[Bqkg $^{-1}$ ]	
Salata	16.4.2021.	(1,84 ± 0,30)E-2	(9,88 ± 0,02)E+1
Kupus	22.10.2021.	<(1,14 ± 0,16)E-2	(5,67 ± 0,03)E+1
Krumpir	22.10.2021.	(7,88 ± 3,13)E-3	(1,49 ± 0,01)E+2
Grah	22.10.2021.	(9,73 ± 1,31)E-2	(5,31 ± 0,02)E+2
Jabuke	22.10.2021.	<(6,24 ± 3,57)E-3	(4,53 ± 0,02)E+1
Jaja	16.4.2021.	(4,24 ± 0,17)E-2	(4,08 ± 0,03)E+1
Janjetina	16.4.2021.	<(5,53 ± 2,31)E-2	(1,04 ± 0,01)E+2
Blitva	16.4.2021.	(1,07 ± 0,30)E-2	(8,13 ± 0,02)E+1
Riba/srdela	16.4.2021.	(1,02 ± 0,10)E-2	(1,28 ± 0,01)E+2

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

## 9.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U LJUDSKOJ HRANI

Uzorci ljudske hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju otvorenim plamenom i 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  $^{90}\text{Sr}$  temeljem radioaktivne ravnoteže s  $^{90}\text{Y}$  koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

### REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqkg $^{-1}$ ]
Salata	28.4.2021.	(7,93 ± 1,89)E-2
Blitva	28.4.2021.	(6,77 ± 1,70)E-2
Krumpir	5.10.2021.	(2,59 ± 0,85)E-2
Kupus	5.10.2021.	(4,77 ± 1,73)E-2
Jaja	3.5.2021.	(1,84 ± 0,60)E-2
Grah	5.10.2021.	(1,26 ± 0,35)E-1
Jabuke	5.10.2021.	(2,68 ± 0,71)E-2
Riba/pastrva	14.5.2021.	(3,31 ± 1,42)E-2

### SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqkg $^{-1}$ ]
Salata	6.5.2021.	(7,00 ± 1,79)E-2
Krumpir	28.9.2021.	(3,67 ± 0,95)E-2
Jabuke	28.9.2021.	(1,38 ± 0,38)E-2
Kupus	28.9.2021.	(1,17 ± 0,28)E-1
Grah	28.9.2021.	(1,87 ± 0,51)E-1
Jaja	6.5.2021.	(3,09 ± 0,86)E-2
Riba/šaran	7.5.2021.	(3,25 ± 0,76)E-1

## 9.2.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U LJUDSKOJ HRANI

### PRIOBALNA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$ [Bqkg $^{-1}$ ]
Salata	16.4.2021.	(3,54 ± 0,93)E-2
Kupus	22.10.2021.	(5,67 ± 1,47)E-2
Krumpir	22.10.2021.	(2,59 ± 0,81)E-2
Jabuke	22.10.2021.	(1,34 ± 0,35)E-2
Grah	22.10.2021.	(1,91 ± 0,52)E-1
Jaja	16.4.2021.	(3,84 ± 1,05)E-2
Blitva	16.4.2021.	(6,58 ± 1,69)E-2
Riba/srdela	16.4.2021.	(1,21 ± 0,33)E-1

Radiohemija analiza  $^{90}\text{Sr}$  provedena je na istim uzorcima ljudske hrane na kojima je provedena gamaspektrometrijska analiza. Srednje aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$ , neovisno o lokaciji skupljanja uzoraka, ne odstupaju u odnosu na 2020. godinu.

### 9.3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA CJELOVITIH OBROKA HRANE

Uzorci cjelovitih obroka hrane skupljaju se dnevno tijekom jednog tjedna. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C spaljuju se otvorenim plamenom i u peći na 450 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsku analizu.

CJELOVITI OBROCI HRANE		$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
UZORAK	Vrijeme uzorkovanja	[Bqkg <sup>-1</sup> ]	
Dječji vrtić 1	6.12. - 10.12.2021.	(6,61 ± 0,56)E-2	(5,60 ± 0,04)E+1
Dječji vrtić 2	6.12. - 10.12.2021.	(5,51 ± 0,40)E-2	(5,31 ± 0,03)E+1
Dječji vrtić 3	13.12. - 17.12.2021.	(2,65 ± 0,21)E-2	(5,30 ± 0,02)E+1
Studenska menza 1	16.12. - 21.12.2021.	(2,53 ± 0,45)E-2	(7,27 ± 0,02)E+1
Studenska menza 2	16.12. - 21.12.2021.	(2,44 ± 0,57)E-2	(7,62 ± 0,03)E+1

Koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u uzorcima cjelovitih obroka hrane ne odstupaju značajno od koncentracija izmjerениh u 2020. godini.

### 9.3.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U CJELOVITIM OBROCIMA HRANE

Uzorci cjelovitih obroka hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju otvorenim plamenom i 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  $^{90}\text{Sr}$  temeljem radioaktivne ravnoteže s  $^{90}\text{Y}$  koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

CJELOVITI OBROCI HRANE		$^{90}\text{Sr}$
UZORAK	Vrijeme uzorkovanja	[Bqkg $^{-1}$ ]
Dječji vrtić 1	6.12. - 10.12.2021.	(4,83 ± 1,28)E-2
Dječji vrtić 2	6.12. - 10.12.2021.	(3,65 ± 1,08)E-2
Dječji vrtić 3	13.12. - 17.12.2021.	(2,53 ± 0,98)E-2
Studenska menza 1	16.12. - 21.12.2021.	(4,00 ± 1,50)E-2
Studenska menza 2	16.12. - 21.12.2021.	(4,19 ± 1,60)E-2

Koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima cjelovitih obroka hrane ne odstupaju značajno u odnosu na 2020. godinu.

## 10. STOČNA HRANA



## 10.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA STOČNE HRANE

Uzorci stočne hrane uzimaju se jednokratno. Nakon sušenja u sušioniku na 105 °C, spaljuju se otvorenim plamenom i u peći na 450 °C. Od dobivenog pepela uzima se alikvotni dio za gamaspektrometrijsko mjerjenje.

Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$
		[Bqkg $^{-1}$ ]	
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	7.5.2021.	(3,59 ± 0,45)E-1	(1,36 ± 0,01)E+3
SLAVONSKA REGIJA Silaža	28.9.2021.	(1,06 ± 0,28)E-1	(2,79 ± 0,01)E+2
SLAVONSKA REGIJA Trava	6.5.2021.	(2,80 ± 0,34)E-1	(9,39 ± 0,05)E+2

Koncentracije aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  u uzorcima stočne hrane ne odstupaju od koncentracija izmjerениh prijašnjih godina.

## 10.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE $^{90}\text{Sr}$ U STOČNOJ HRANI

Uzorci stočne hrane suše se u sušioniku na 105 °C, te se spaljuju otvorenim plamenom i 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  $^{90}\text{Sr}$  temeljem radioaktivne ravnoteže s  $^{90}\text{Y}$  koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Vrsta	Datum uzorkovanja	$^{90}\text{Sr}$
		[Bqkg $^{-1}$ ]
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	7.5.2021.	(3,98 ± 0,93)E+0
SLAVONSKA REGIJA Silaža	28.9.2021.	(6,17 ± 1,47)E-1
SLAVONSKA REGIJA Trava	6.5.2021.	(1,25 ± 0,30)E+0

Koncentracije aktivnosti  $^{90}\text{Sr}$  u uzorcima stočne hrane ne odstupaju u odnosu na 2020. godinu.

# ZAKLJUČAK



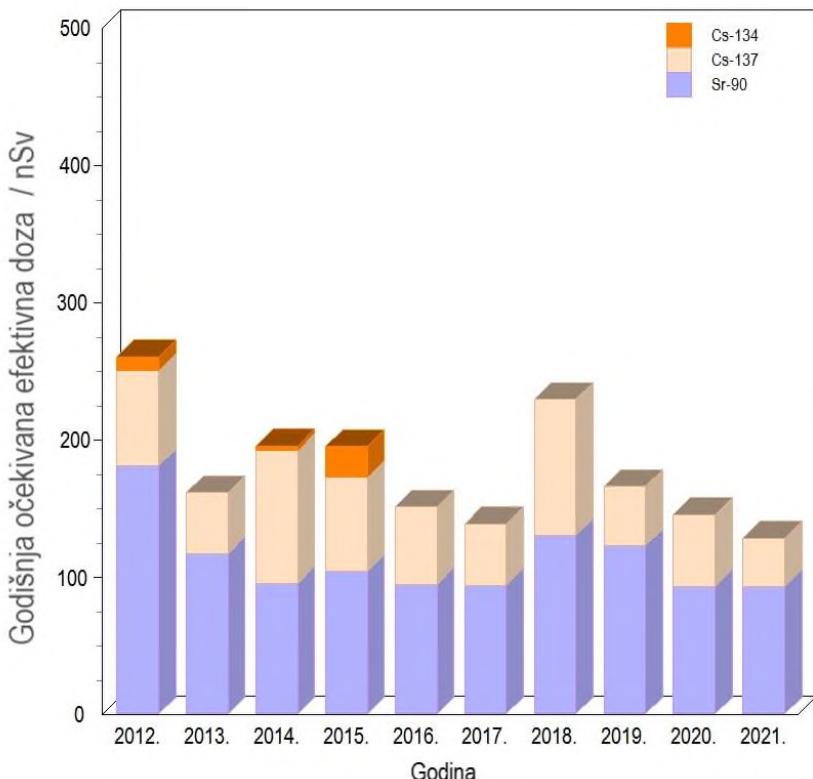
Praćenje stanja radioaktivnosti uzorka iz okoliša na teritoriju Republike Hrvatske u 2020. godini provedeno je na osnovu ugovora s MUP RH, a temeljem članka 68. *Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti* (Narodne novine RH 141/2013; 39/2015; 130/2017; 118/2018; 21/2022) i *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018; 6/2022).

Uzorkovanja, mjerena i radiokemijske analize provodi Jedinica 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 mjerena i uzimaju uzorci, popis i karakteristike mjerne opreme, opis korištenih metoda te rezultati ispitivanja.

Sva propisana uzorkovanja, mjerena 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 2021. godinu ne zadovoljava sve uvjete potrebne za cijelovito 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 uzorka po svim regijama Republike Hrvatske.

Kako se mlijeko smatra jednom od najvažnijih prehrambenih namirnica, procijenjena je godišnja efektivna doza od unosa  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  mlijekom za odraslog stanovnika Republike Hrvatske. Efektivna doza primljena unosom  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  mlijekom procijenjena je za odrasle osobe uz pretpostavku godišnje potrošnje mlijeka od 130 litara i podataka o koncentracijama aktivnosti  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  u mlijeku. Prosječni odrasli stanovnik Republike Hrvatske primio bi konzumacijom 130 litara mlijeka godišnje dozu od 41 nSv unosom  $^{137}\text{Cs}$ , te dozu od 119 nSv unosom  $^{90}\text{Sr}$ .

Na slijedećoj slici prikaz je kretanja procijenjenih godišnjih efektivnih doza koje primi prosječni odrasli stanovnik unosom  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  mlijekom zagrebačke mljekare.



*Slika 11. Godišnje efektivne doze procijenjene za odraslog stanovnika Republike Hrvatske temeljem unosa  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  mlijekom zagrebačke mljekare*

Procijenimo li efektivnu dozu za dječju populaciju (djecu od dvije do sedam godina starosti) od unosa  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  cjelovitim obrocima zajedničke vrtićke prehrane (160 kg godišnje) doza iznosi 352 nSv. Za usporedbu, procijenjena efektivna doza za istu skupinu djece na bazi unosa 160 litara mlijeka zagrebačke mljekare iznosi 291 nSv. Efektivna doza za studentsku populaciju unosom  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  hranom u studentskoj menzi (130 kg hrane godišnje) iznosi 191 nSv. Procijenjena efektivna doza primljena unosom  $^{137}\text{Cs}$  i  $^{90}\text{Sr}$  mlijekom zagrebačke mljekare (stotinu litara) iznosi 166 nSv.

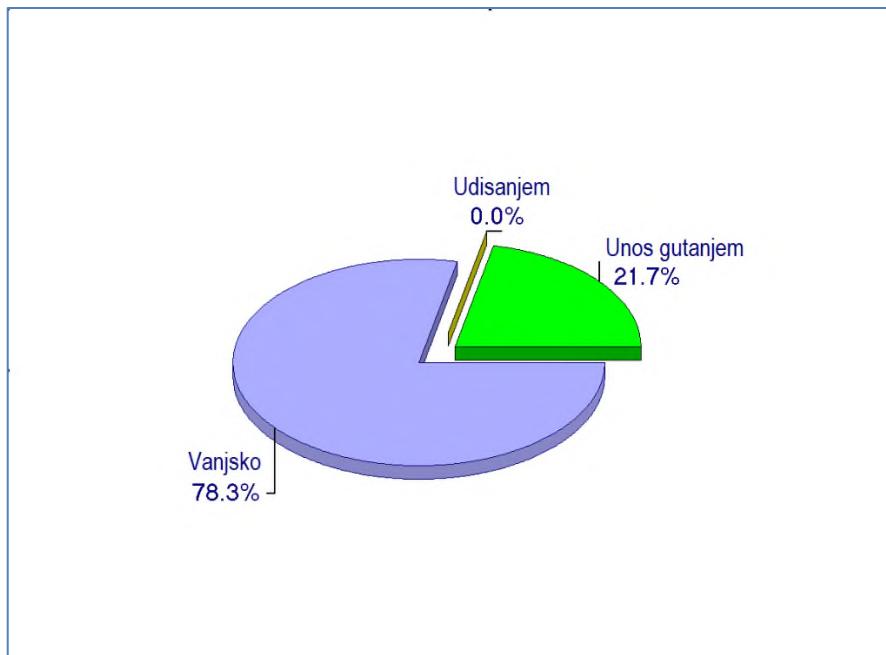
Vanjsko dozno opterećenje na lokaciji IMI u Zagrebu u 2021. godini iznosilo je 0,86 mSv (manje od 2020. godine). Budući da godišnji program za 2021. godinu nije predviđao mjerena ambijentalnog doznog ekvivalenta,  $H^*(10)$  na lokacijama u priobalnom području (Istra, Primorje, Lika, te Dalmacija) prosječna je vrijednost ambijentalnog doznog ekvivalenta

procijenjena samo za sjeverozapadnu Hrvatsku (Sjeverna Hrvatska, Slavonija i Baranja) i iznosi 0,855 mSv.

Udisanjem zraka prosječan odrasli stanovnik Hrvatske primio bi 4 nSv. U procijenjenoj dozi najveći je doprinos onaj primljen udisanjem  $^{7}\text{Be}$  (1,9 nSv),  $^{137}\text{Cs}$  (0,9 nSv) i  $^{90}\text{Sr}$  (0,1 nSv). Procijenjena doza za odraslog stanovnika od udisanja zraka manja je u odnosu na 2020. 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  $^{90}\text{Sr}$  0,41  $\mu\text{Sv}$ , za unos  $^{137}\text{Cs}$  0,39  $\mu\text{Sv}$ , a za unos  $^{40}\text{K}$  237  $\mu\text{Sv}$ . Nisu procijenjeni doprinosi ukupnoj dozi od unosa radionuklida u svim sastavnicama ljudske prehrane, kao ni mineralnim vodama. Također nije korištena detaljna statistika unosa hrane za prosječnog stanovnika – 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; 8/2022).

Istraživanjima radioaktivnosti uzorka 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.



*Slika 12. Dozno opterećenje prosječnog stanovnika Republike Hrvatske*

Mišljenja smo, da budući Programi praćenja stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj moraju obuhvaćati sve sastavnice okoliša slijedeći sve točke *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti u okolišu* (NN 40/2018; 6/2022), iako samim Pravilnikom nisu u potpunosti definirana rješenja za sveobuhvatne procjene ukupnih efektivnih doza za populaciju Republike Hrvatske.

Eventualno smanjivanje programa također ima za posljedicu nedostatak materijalnih sredstava za neprekidno sustavno održavanje mreže mjernih i sakupljačkih postaja bez kojih ne bismo imali dovoljnu prostornu i vremensku mrežu podataka i uzoraka, a i troškovi terenskog rada su sve veći. Također, radiokemijske analize i sva mjerena u brojačkim i spektrometrijskim sustavima zahtijevaju sve veća materijalna sredstva za standarde i potrebne kemikalije, kao i za troškove postupaka akreditacije za svaku od metoda. Svako smanjivanje provedbe Programa dovesti će do neprihvatljivih nedostataka u podacima i rezultatima iz kojih više neće biti moguće na prihvatljiv i jednoznačan način procijeniti efektivnu dozu ionizirajućeg zračenja za populaciju Republike Hrvatske.