

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izvještaj za 2020. godinu
LX godina



Zagreb, 2021.



Institut za
medicinska
istraživanja
i medicinu
rada

IMI-CRZ-101

Klasa: 07-75/21-00/2

Ur.Broj: 100-15/21-7

PRAĆENJE STANJA RADIOAKTIVNOSTI U OKOLIŠU U REPUBLICI HRVATSKOJ

Izveštaj za 2020. godinu
LX godina

Jedinica za zaštitu od zračenja

Predstojnik Jedinice:

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

Suradnici:

Mak Avdić, mag. ing. kem. tehn.,
Doc. 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 Petrinc, prof. fizike



Ravnateljica Instituta za medicinska
istraživanja i medicinu rada:

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

Zagreb, 2021.

SADRŽAJ

SAŽETAK / ABSTRACT	5
UVOD	6
TABLIČNI PRIKAZ OBAVLJENIH POSLOVA IZ GODIŠNJEG PROGRAMA.....	7
KOORDINATE MJESTA MJERENJA I UZIMANJA UZORAKA	10
POPIS I KARAKTERISTIKE MJERNE OPREME	12
1. AMBIJENTALNI DOZNI EKVIVALENT	13
1.D Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta $H^*(10)$	14
2. ZRAK	18
2.B Ukupna beta aktivnost zraka.....	19
2.G Gamaspektrometrijska analiza zraka.....	20
2.S Specifično određivanje ^{90}Sr u zraku	23
2.J Specifično određivanje ^{131}I u zraku.....	24
3. OBORINA.....	25
Količina oborine.....	26
Odstupanje količine oborine u 2020. godini	27
3.B Ukupna beta aktivnost oborine.....	29
3.G Gamaspektrometrijska analiza oborine.....	30
3.S Specifično određivanje ^{90}Sr u oborinama	33
4. TLO	34
4.G Gamaspektrometrijska analiza tla	35
4.S Specifično određivanje ^{90}Sr u tlu	38
5. RIJEKE	40
5.G Gamaspektrometrijska analiza riječnih voda	41
5.S Specifično određivanje ^{90}Sr u riječnim vodama.....	44
6. JEZERA	45
6.G Gamaspektrometrijska analiza jezerskih voda.....	46
6.S Specifično određivanje ^{90}Sr u jezerskim vodama	46
7. MORE	47
7.1.G Gamaspektrometrijska analiza morske vode	48
7.1.S Specifično određivanje ^{226}Ra u morskoj vodi.....	49
7.1.S Specifično određivanje ^{90}Sr u morskoj vodi	49
7.2.G Gamaspektrometrijska analiza mobilnih indikatorskih organizama.....	50

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

PRILOG 1: *Izveštaj o ispitivanju.* Praćenje stanja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj tijekom 2020. godine.

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

Određivanje koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr

Određivanje koncentracije aktivnosti ²²⁶Ra

PRILOG 2: CD s podacima u elektroničkom obliku.

SAŽETAK

Program mjerenja radioaktivnosti u okolišu u Republici Hrvatskoj za 2020. 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 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 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 2020 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 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 14.7.2020. ugovore s Ministarstvom unutarnjih poslova RH: za Grupu 1 – Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta (Klasa: 406-09/20-04/64, Ur.br: 511-01-164-20-13) 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: 406-09/20-04/64, Ur.br: 511-01-164-20-14).

Mjerenja i uzorkovanja provedena su sukladno Godišnjem programu praćenja stanja okoliša za 2020. godinu prikazanog u slijedećoj tablici. Odstupanja od plana nije bilo.

Jedinica za zaštitu od zračenja nastavila je dugogodišnje praćenje sezonskih razlika ^{90}Sr u oborinama i vodovodnoj vodi, stoga je određivanje koncentracije aktivnosti ^{90}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}Sr u dvomjesečnim uzorcima, umjesto tromjesečnim kako je zadano planom.

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	✓
	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 N44.1;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	✓
		Dubrovnik N42.65;E18.10	2	✓
	⁹⁰ Sr - specifična metoda	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	✓
	⁹⁰ 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	✓
	⁹⁰ Sr- specifično mjerenje	Zagreb	2	✓
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	✓

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	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	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje / 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	✓
	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	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	✓
		⁹⁰ Sr- specifično mjerenje	Rovinj, Split	2	✓
		²²⁶ Ra	2 lokacije, Plomiski i Kaštelanski zaljev	4	✓

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	✓
			Varaždin	4	✓
			Zadar	4	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	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 Sr - specifično mjerenje	3 regije- Zagreb, Zadar, Osijek	21	✓
	Cjeloviti obroci	VR gama spektrometrija	Zagreb vrtići ili menze	5	✓
		⁹⁰ Sr - specifično mjerenje	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 Sr - specifično mjerenje	slavonska i priobalna regija - trava, lucerna, silaža	3	✓
Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta		TL dozimetri ili uređaji za neprekidno mjerenje brzine doze	Kutina, Molve, Petrinja, Kostajnica, Dvor, Matijevići, Zagreb, Osijek, Sl. Brod, Županja	20	✓

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
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 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
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 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)

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-25-5

(efikasnost brojača 23% za ^{90}Y)

Određivanje koncentracije aktivnosti ^{226}Ra :

Alpha Analyst PIPS detector- Canberra

(aktivna površina 450 mm², alfa rezolucija za ^{241}Am 19 keV)

Mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta

Pasivni uređaji za mjerenje ambijentalnog doznog ekvivalenta

TLD Panasonic UD-804

Uređaj 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 dozno 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. Uređaj za mjerenje spojen je na računalo preko kojega se dobivaju zapisi. Neprekidno mjerenje brzine ambijentalnog dozno ekvivalenta aktivnim elektroničkim dozimetrom ALARA ED provodi se i na nekoliko lokacija u Republici Hrvatskoj. Uređaj za mjerenje sprema 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

	$H^*(10)/t$ / nSv h^{-1}		
	Prosjek	Maksimum	Minimum
1.1. – 1.7.2020.	118 ± 10	123,8	113,8
1.7.2019. – 1.1.2021.	118 ± 7	124,0	115,1
Prosjek	118,0 ± 7,9		
Maksimum		124,0	
Minimum			113,8

KUTINA

	$H^*(10)/t$ / nSv h^{-1}		
	Prosjek	Maksimum	Minimum
1.1. – 1.7.2020.	89 ± 3	97,4	78,7
1.7.2019. – 1.1.2021.	93 ± 5	102,8	84,8
Prosjek	92,2 ± 5,1		
Maksimum		102,8	
Minimum			78,8

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

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

MOLVE

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
1.1. – 1.7.2020.	78 ± 5	86,9	70,9
1.7.2020. – 1.1.2021.	80 ± 4	90,5	72,4
Prosjeak	74,8 ± 7,5		
Maksimum		90,5	
Minimum			70,9

PETRINJA

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
1.1. – 30.6.2020.	98 ± 8	107,7	72,7
1.7.2019. – 31.12.2019.	100 ± 8	117,2	80,4
Prosjeak	99,1 ± 7,8		
Maksimum		117,2	
Minimum			80,4

DVOR

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
1.1. – 1.7.2020.	89 ± 8	97,8	83,6
1.7.2020. – 1.1.2021.	92 ± 11	115,5	73,6
Prosjeak	90,1 ± 9,5		
Maksimum		115,5	
Minimum			73,6

OSIJEK

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
1.1. – 1.7.2020.	115 ± 14	134,4	81,7
1.7.2020. – 1.1.2021.	118 ± 10	131,9	102,7
Prosjeak	117,1 ± 12,5		
Maksimum		134,4	
Minimum			81,7

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

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

SLAVONSKI BROD

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
1.1. – 1.7.2020.	91 ± 7	94,9	82,9
1.7.2020. – 1.1.2021.	92 ± 7	97,8	88,8
Prosjeak	91,2 ± 6,9		
Maksimum		97,8	
Minimum			82,9

ŽUPANJA

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
1.1. – 1.7.2020.	101 ± 8	121,6	96,3
1.7.2020. – 1.1.2021.	102 ± 7	133,8	90,2
Prosjeak	101,3 ± 7,5		
Maksimum		133,8	
Minimum			90,2

MATIJEVIĆI

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
7.1. – 28.5.2020.	91 ± 5	94,1	87,6
28.5.2020. – 11.12.2020.	108 ± 32	135,1	76,1
Prosjeak	99,4 ± 18		
Maksimum		135,1	
Minimum			76,1

KOSTAJNICA

	$H^*(10)/t$ / nSvh ⁻¹		
	Prosjeak	Maksimum	Minimum
7.1. – 28.5.2020.	90 ± 1	90,2	88,9
28.5.2020. – 11.12.2020.	130 ± 38	159,0	105,3
Prosjeak	110,0 ± 19,4		
Maksimum		159,0	
Minimum			105,3

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

1.2. GODIŠNJA EFEKTIVNA DOZA OD VANJSKOG OZRAČENJA

Mjesto	$H^*(10)$ mSv
Dvor	$0,79 \pm 0,09$
Petrinja	$0,87 \pm 0,06$
Kutina	$0,81 \pm 0,07$
Molve	$0,69 \pm 0,05$
Osijek	$1,03 \pm 0,11$
Slavonski Brod	$0,80 \pm 0,04$
Zagreb - IMI	$1,03 \pm 0,08$
Županja	$0,89 \pm 0,07$
Matijevići	$0,87 \pm 0,16$
Kostajnica	$0,96 \pm 0,17$

2. ZRAK



2.B UKUPNA BETA AKTIVNOST ZRAKA

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

PROSJECI, MAKSIMALNE I MINIMALNE VRIJEDNOSTI

ZAGREB

Mjesec	Prosjek	Maksimum	Minimum
Bqm ⁻³			
Siječanj	(1,15 ± 0,46)E-3	(1,95 ± 0,04)E-3	(3,04 ± 0,12)E-4
Veljača	(5,22 ± 2,67)E-4	(1,24 ± 0,02)E-3	(2,11 ± 0,08)E-4
Ožujak	(7,20 ± 2,59)E-4	(1,13 ± 0,04)E-3	(1,92 ± 0,09)E-4
Travanj	(9,14 ± 3,50)E-4	(1,77 ± 0,02)E-3	(3,00 ± 0,05)E-4
Svibanj	(6,69 ± 2,95)E-4	(1,59 ± 0,04)E-3	(1,84 ± 0,14)E-4
Lipanj	(8,09 ± 3,61)E-4	(2,01 ± 0,04)E-3	(3,86 ± 0,17)E-4
Srpanj	(8,96 ± 3,67)E-4	(1,84 ± 0,04)E-3	(3,23 ± 0,22)E-4
Kolovoz	(1,28 ± 0,45)E-3	(2,17 ± 0,04)E-3	(4,67 ± 0,15)E-4
Rujan	(1,12 ± 0,53)E-3	(2,42 ± 0,05)E-3	(2,94 ± 0,09)E-4
Listopad	(9,61 ± 5,29)E-4	(2,04 ± 0,06)E-3	(3,03 ± 0,18)E-4
Studen	(1,34 ± 0,56)E-3	(2,69 ± 0,03)E-3	(5,18 ± 0,21)E-4
Prosinac	(1,23 ± 0,62)E-4	(2,88 ± 0,07)E-3	(2,50 ± 0,24)E-4
Prosjeck	(9,68 ± 0,60)E-4		
Maksimum	(1,34 ± 0,56)E-3	(2,88 ± 0,07)E-3	
Minimum	(5,22 ± 2,67)E-4		(1,84 ± 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, filteri se spajaju u polugodišnji uzorak i radiokemijski se određuje ^{90}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}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 Cartridge. Gamaspektrometrijskom analizom svih uzoraka provjerena je prisutnost slijedećih radionuklida:

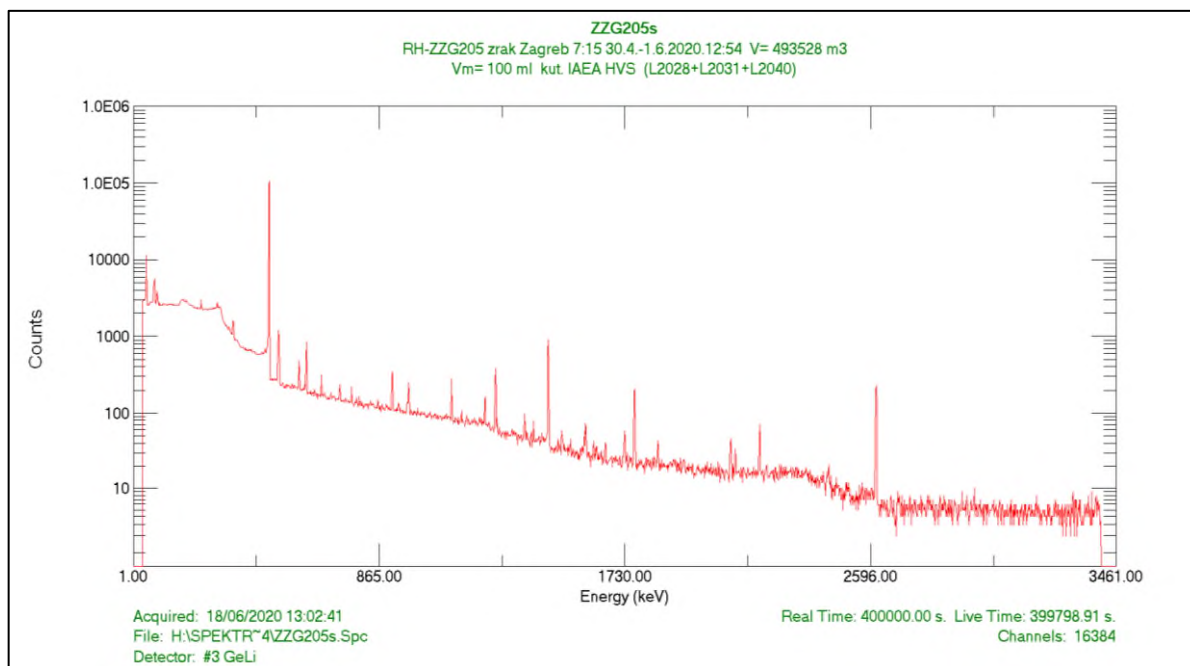
- radionuklidi fisijskog porijekla (36 radionuklida):

^{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 .

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 2020. godine

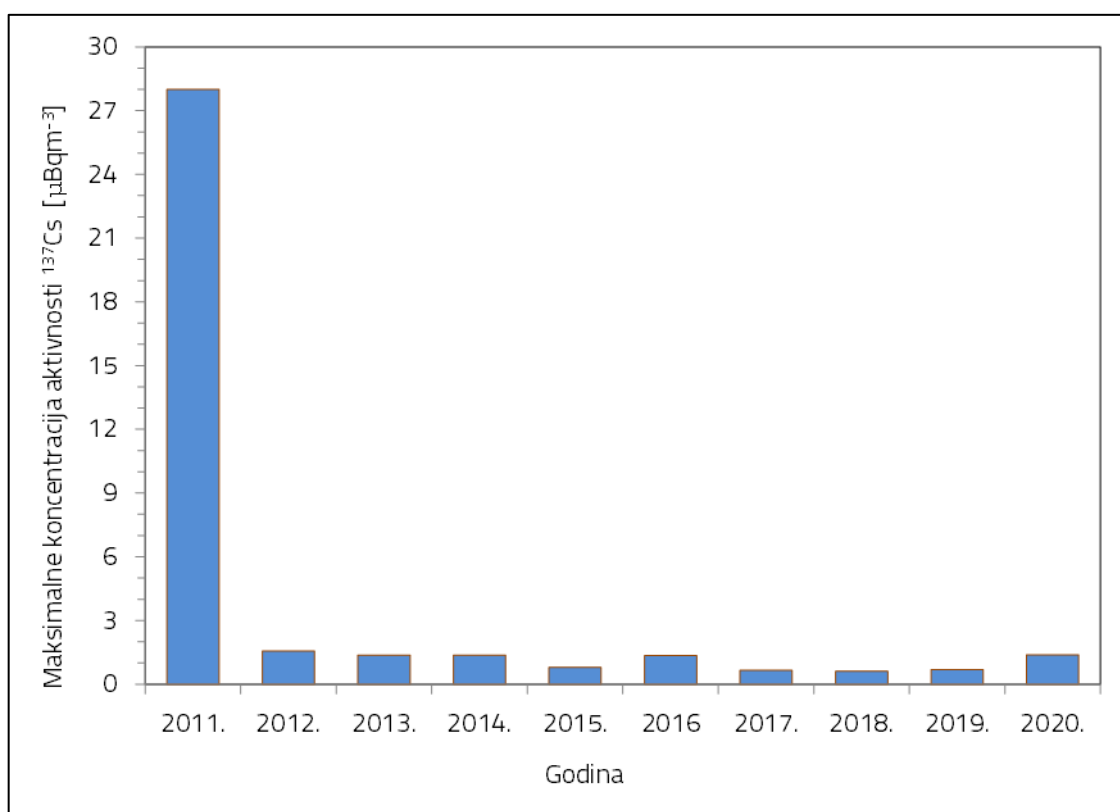
ZAGREB

Razdoblje	⁷ Be	¹³⁷ Cs [Bqm ⁻³]	⁴⁰ K
2.1.-31.1.2020.	(2,29 ± 0,01)E-3	(1,11 ± 0,11)E-6	(1,81 ± 0,02)E-5
31.1.-2.3.2020.	(3,79 ± 0,01)E-3	(4,48 ± 0,24)E-7	(3,15 ± 0,04)E-6
2.3.-2.4. 2020.	(5,96 ± 0,01)E-3	(7,41 ± 0,69)E-7	(1,34 ± 0,03)E-5
2.4.-30.4. 2020.	(6,39 ± 0,01)E-3	(1,39 ± 0,08)E-6	(2,17 ± 0,03)E-7
30.4.-1.6. 2020.	(6,24 ± 0,01)E-3	(1,61 ± 0,17)E-7	(9,69 ± 0,15)E-6
1.6.-30.6. 2020.	(8,31 ± 0,01)E-3	<(1,74 ± 0,27)E-7	(3,79 ± 0,05)E-6
30.6.-31.7. 2020.	(5,31 ± 0,01)E-3	<(1,09 ± 0,11)E-7	(7,37 ± 0,08)E-6
31.7.-31.8. 2020.	(8,10 ± 0,01)E-3	<(1,73 ± 0,14)E-7	(2,13 ± 0,02)E-5
31.8.-1.10. 2020.	(5,94 ± 0,01)E-3	<(1,78 ± 0,21)E-7	(6,57 ± 0,08)E-6
1.10.-4.11. 2020.	(2,66 ± 0,01)E-3	(2,84 ± 0,26)E-7	(1,21 ± 0,01)E-5
4.11.-30.11. 2020.	(1,65 ± 0,01)E-3	(2,73 ± 0,48)E-7	(3,49 ± 0,05)E-6
30.11.-30.12.2020.	(1,04 ± 0,01)E-3	<(2,13 ± 0,63)E-7	(3,95 ± 0,08)E-6

ZADAR

Mjeseci	⁷ Be	¹³⁷ Cs [Bqm ⁻³]	⁴⁰ K
I, II. i III.	(4,89 ± 0,12)E-3	<(1,19 ± 0,16)E-5	(2,02 ± 0,03)E-4
IV, V. i VI.	(8,05 ± 0,15)E-3	<(6,16 ± 0,97)E-6	<(6,22 ± 0,18)E-5
VII, VIII. i IX.	(5,84 ± 0,13)E-3	<(6,36 ± 1,12)E-6	<(6,69 ± 0,24)E-5
X, XI. i XII.	(3,03 ± 0,13)E-3	<(8,42 ± 1,78)E-6	<(6,84 ± 0,27)E-5

U uzorcima zraka u Zagrebu najviša vrijednost koncentracije aktivnosti ^{137}Cs od $1,39 \mu\text{Bqm}^{-3}$ izmjerena je tijekom travnja 2020. godine (slika 2.). 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 $2,29 \text{ mBqm}^{-3}$ tijekom siječnja do $8,31 \text{ mBqm}^{-3}$ tijekom lipnja 2020. godine. Koncentracije aktivnosti ^{40}K kretale su se od $0,217 \mu\text{Bqm}^{-3}$ u travnju do $18,1 \mu\text{Bqm}^{-3}$ u siječnju 2020. godine.



Slika 2. Najveće koncentracije ^{137}Cs u mjesečnim uzorcima zraka u gradu Zagrebu tijekom razdoblja 2011. – 2020.

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-25-5.

ZAGREB

Mjeseci	^{90}Sr [Bqm ⁻³]
I–VI.	$(3,87 \pm 1,89) \text{ E-7}$
VII.–XII.	$<(4,13 \pm 9,29) \text{ E-7}$

Koncentracija aktivnosti ^{90}Sr u kompozitnim uzorcima zraka u prvom polugodištu 2020. godine viša je u odnosu na prvo polugodište 2019. godine. U drugom polugodištu koncentracija aktivnosti ^{90}Sr bila je ispod granica 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 Cartridge) 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.

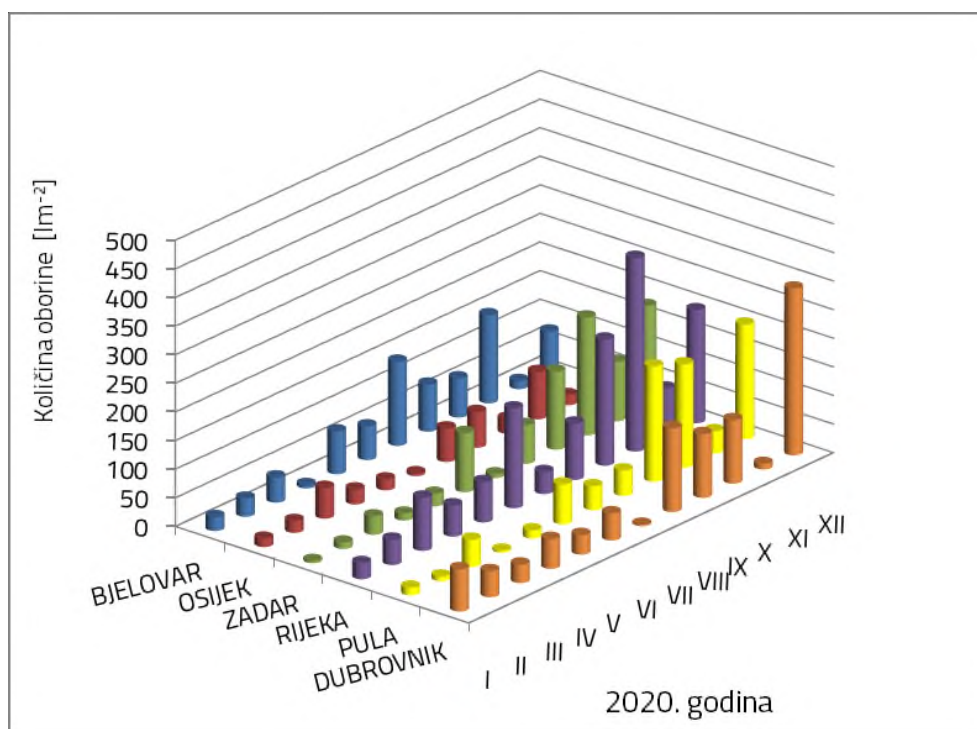
Razdoblje	Specifična aktivnost ^{131}I [Bqm ⁻³]
13.-27.1. 2020.	< (1,26 ± 0,01) E-4
3.-17.2. 2020.	< (9,61 ± 0,01) E-5
2.-16.3. 2020.	< (1,05 ± 0,01) E-4
13.-27.4. 2020.	< (6,98 ± 0,01) E-5
4.-18.5. 2020.	< (3,12 ± 0,01) E-5
1.-15.6. 2020.	< (7,75 ± 0,01) E-5
13.-27.7. 2020.	< (1,01 ± 0,80) E-4
3.-17.8. 2020.	< (1,14 ± 0,45) E-4
9.-23.9. 2020.	< (9,53 ± 0,46) E-5
12.-26.10. 2020.	< (9,15 ± 0,32) E-5
2.-16.11. 2020.	< (7,24 ± 0,51) E-5
7.-21.12. 2020.	< (8,14 ± 0,51) E-5

U svim uzorcima u 2020. godini koncentracije aktivnosti ^{131}I u zraku bile su ispod granice detekcije.

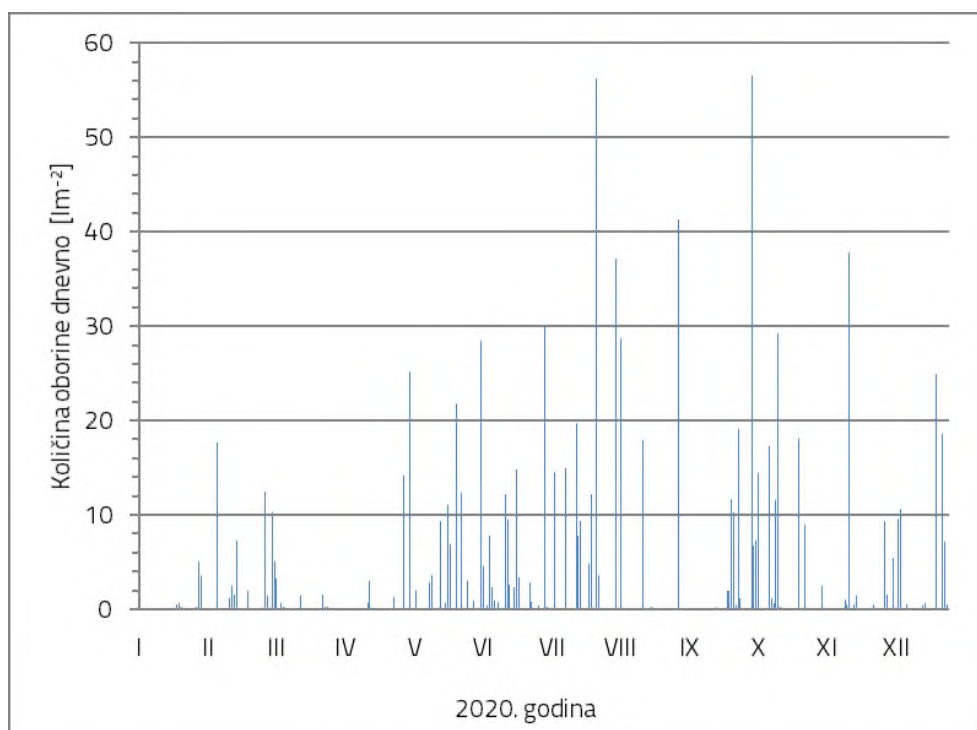
3. OBORINA



KOLIČINA OBORINE



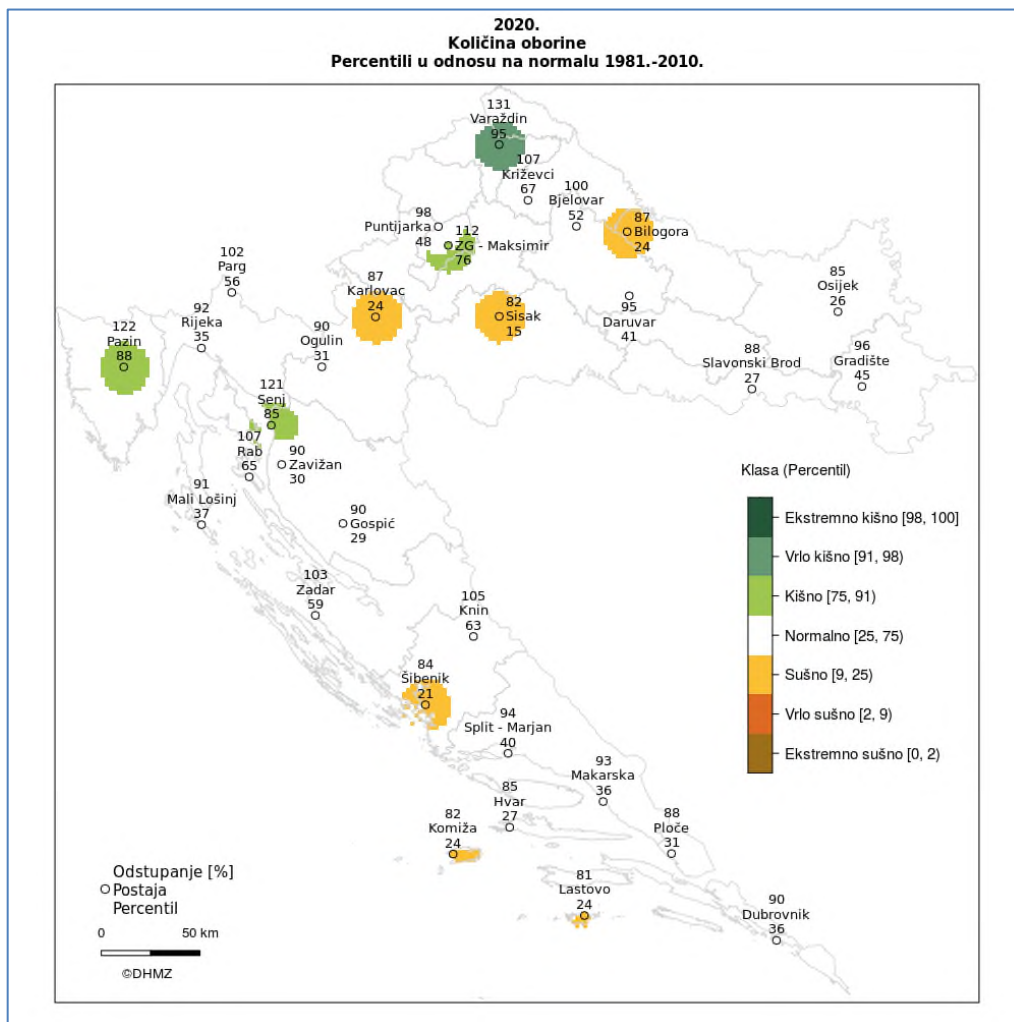
Slika 3. Količina oborine [Lm^{-2}] u Republici Hrvatskoj



Slika 4. Količina oborine [Lm^{-2}] u Gradu Zagrebu

ODSTUPANJE KOLIČINE OBORINE U 2020. GODINI

Analiza godišnjih količina oborine koje su izražene u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka (1961.-1990.) pokazuje da je u 2020. godini u Hrvatskoj na većem broju analiziranih postaja oborine bilo normalno u odnosu na prosjek.



Slika 5. Količina oborine 2020. godine u odnosu na normalu 1981.-2010. (Izvor: DHMZ, 2020)

Odstupanja količine oborine u 2020. godini u odnosu na normalu 1981. – 2010. nalaze se u rasponu od 81 % višegodišnjeg prosjeka u Lastovu (514,7 mm) do 131 % u Varaždinu (1087,8 mm). Analiza odstupanja količina oborine za godinu 2020. izraženih u postotcima (%) višegodišnjeg prosjeka pokazuje da su količine oborine na većini analiziranih postaja bile ispod, a na njih devet iznad višegodišnjeg prosjeka.

Oborinske prilike u Hrvatskoj u 2020. godini izražene percentilima bile su normalne na većem dijelu teritorija, ali i sušne do vrlo kišne na izdvojenim lokacijama. Detaljnije su oborinske prilike opisane sljedećim kategorijama: sušno (okolica Bilogore, Siska, Karlovca, Šibenika, Komiže, Lastova), normalno (veći dio teritorija), kišno (okolica Zagreba, Pazina, Senja) i vrlo kišno (okolica Varaždina).

Oborina se skuplja svakodnevno (u dane s oborinom) preko 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-25-5. 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 Lm ⁻²	Ukupno	Prosjeck	Maksimum Bqm ⁻²	Minimum
Siječanj (6)	10,2	1,04	(1,73 ± 0,99)E-1	(5,72 ± 0,08)E-1	(2,70 ± 0,06)E-2
Veljača (8)	46,1	1,51	(1,88 ± 0,93)E-1	(5,83 ± 0,17)E-1	(6,02 ± 0,23)E-2
Ožujak (9)	22,9	0,52	(5,82 ± 2,35)E-2	(1,59 ± 0,11)E-1	(5,53 ± 0,29)E-3
Travanj (4)	19,1	0,76	(1,91 ± 0,93)E-1	(5,08 ± 0,22)E-1	(4,50 ± 0,12)E-2
Svibanj (12)	99,6	2,53	(2,11 ± 0,95)E-1	(7,41 ± 0,32)E-1	(5,97 ± 0,35)E-2
Lipanj (16)	94,2	3,66	(2,29 ± 1,11)E-1	(8,11 ± 0,23)E-1	(1,24 ± 0,04)E-2
Srpanj (11)	173,5	5,12	(4,66 ± 2,06)E-1	(1,43 ± 0,05)E+0	(1,51 ± 0,02)E-2
Kolovoz (5)	125,3	4,01	(8,01 ± 2,45)E-1	(1,34 ± 0,04)E+0	(5,35 ± 0,05)E-2
Rujan (8)	46,8	0,98	(1,23 ± 0,46)E-1	(2,85 ± 0,16)E-1	(1,22 ± 0,23)E-2
Listopad (12)	172,0	7,09	(5,91 ± 3,40)E-1	(2,01 ± 0,03)E+0	(3,85 ± 0,03)E-2
Studenj (7)	44,3	5,24	(7,48 ± 7,06)E-1	(4,46 ± 0,06)E+0	(1,51 ± 0,05)E-2
Prosinac (13)	90,3	2,69	(2,07 ± 1,03)E-1	(7,65 ± 0,17)E-1	(2,94 ± 0,05)E-2
Ukupno	944,3	35,15			
Prosjeck			(3,32 ± 2,42)E-1		
Maksimum		5,24	(8,01 ± 2,45)E-1	(4,46 ± 0,06)E+0	
Minimum		0,52	(1,23 ± 0,46)E-1		(5,53 ± 0,29)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 2020. godine izmjerena je maksimalna ukupna beta aktivnost od 4,46 Bqm⁻² u studenome 2020. Minimalna ukupna beta aktivnost bila je 5,53 mBqm⁻² izmjerena u ožujku 2020.

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]	(1,23 ± 0,02)E+3	(3,16 ± 0,63)E+0	<(6,91 ± 0,55)E+0
	[Bqm ⁻²]	(9,76 ± 0,0)E+1	(2,50 ± 0,50)E-1	<(5,48 ± 0,43)E-1
IV. - VI.	[Bqm ⁻³]	(2,87 ± 0,01)E+3	(7,06 ± 1,96)E-1	(1,97 ± 0,12)E+1
	[Bqm ⁻²]	(6,10 ± 0,03)E+2	(1,50 ± 0,42)E-1	(4,19 ± 0,26)E+0
VII. - IX.	[Bqm ⁻³]	(1,90 ± 0,06)E+3	(5,23 ± 0,91)E-1	(1,02 ± 0,07)E+1
	[Bqm ⁻²]	(6,57 ± 0,02)E+2	(1,81 ± 0,31)E-1	(3,51 ± 0,23)E+0
X. - XII.	[Bqm ⁻³]	(1,02 ± 0,01)E+3	(7,91 ± 0,48)E-1	(8,50 ± 0,50)E+0
	[Bqm ⁻²]	(3,13 ± 0,03)E+2	(2,42 ± 0,15)E-1	(2,61 ± 0,15)E+0

ZADAR		⁷ Be	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
Mjeseci				
I. - III.	[Bqm ⁻³]	(5,60 ± 0,18)E+3	<(3,45 ± 1,00)E+0	(1,19 ± 0,09)E+2
	[Bqm ⁻²]	(2,64 ± 0,09)E+2	<(1,63 ± 0,47)E-1	(5,60 ± 0,43)E+0
IV. - VI.	[Bqm ⁻³]	(1,33 ± 0,04)E+3	<(1,85 ± 1,18)E+0	(1,51 ± 0,11)E+2
	[Bqm ⁻²]	(1,83 ± 0,06)E+2	<(2,55 ± 1,63)E-1	(2,07 ± 0,15)E+1
VII. - IX.	[Bqm ⁻³]	(9,98 ± 0,37)E+2	<(1,31 ± 0,57)E+0	(3,12 ± 0,19)E+1
	[Bqm ⁻²]	(2,10 ± 0,08)E+2	<(2,75 ± 1,19)E-1	(6,57 ± 0,40)E+0
X. - XII.	[Bqm ⁻³]	(2,40 ± 0,19)E+2	<(1,42 ± 0,36)E+0	<(1,84 ± 0,29)E+1
	[Bqm ⁻²]	(1,17 ± 0,09)E+2	<(6,91 ± 1,78)E-1	<(8,96 ± 1,41)E+0

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

OSIJEK		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(1,42 \pm 0,07)\text{E}+3$	$<(1,70 \pm 0,68)\text{E}+0$	$<(1,51 \pm 0,13)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(1,98 \pm 0,10)\text{E}+2$	$<(2,39 \pm 0,96)\text{E}-1$	$<(2,12 \pm 0,18)\text{E}+0$
VII - XII.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(3,55 \pm 0,34)\text{E}+2$	$<(8,00 \pm 0,29)\text{E}-1$	$<(1,10 \pm 0,22)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(1,00 \pm 0,10)\text{E}+2$	$<(2,26 \pm 0,83)\text{E}-1$	$<(3,09 \pm 0,62)\text{E}+0$

BJELOVAR		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(4,84 \pm 0,48)\text{E}+2$	$<(1,84 \pm 0,11)\text{E}+0$	$<(1,63 \pm 0,11)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(1,16 \pm 0,17)\text{E}+2$	$<(4,42 \pm 0,26)\text{E}-1$	$<(3,92 \pm 0,26)\text{E}+0$
VII - XII.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(3,33 \pm 0,72)\text{E}+2$	$<(1,44 \pm 0,58)\text{E}+0$	$(6,43 \pm 0,55)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(1,81 \pm 0,39)\text{E}+2$	$<(7,84 \pm 3,17)\text{E}-1$	$(3,49 \pm 0,30)\text{E}+1$

PULA		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(9,03 \pm 0,50)\text{E}+2$	$<(1,43 \pm 0,04)\text{E}+0$	$(1,88 \pm 0,09)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(1,41 \pm 0,08)\text{E}+2$	$<(2,23 \pm 0,07)\text{E}-1$	$(2,95 \pm 0,14)\text{E}+0$
VII - XII.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(1,79 \pm 0,27)\text{E}+2$	$<(6,34 \pm 2,40)\text{E}-1$	$<(8,45 \pm 1,03)\text{E}+0$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(1,27 \pm 0,19)\text{E}+2$	$<(4,49 \pm 1,70)\text{E}-1$	$<(5,99 \pm 0,73)\text{E}+0$

3.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA OBORINE

RIJEKA		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(1,64 \pm 0,05)\text{E}+3$	$<(1,89 \pm 0,27)\text{E}+0$	$<(2,46 \pm 1,58)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(7,67 \pm 0,24)\text{E}+2$	$<(8,80 \pm 1,25)\text{E}-1$	$<(1,14 \pm 0,74)\text{E}+1$
VII - XII.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(4,47 \pm 0,59)\text{E}+2$	$<(1,00 \pm 0,45)\text{E}+0$	$<(1,16 \pm 0,13)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(4,38 \pm 0,58)\text{E}+2$	$<(9,80 \pm 4,36)\text{E}-1$	$<(1,14 \pm 0,13)\text{E}+1$

DUBROVNIK		^7Be	^{137}Cs	^{40}K
Mjeseci				
I - VI.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(8,66 \pm 1,16)\text{E}+2$	$(8,83 \pm 1,70)\text{E}+0$	$<(4,01 \pm 0,37)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(2,47 \pm 0,33)\text{E}+2$	$(2,52 \pm 0,49)\text{E}+0$	$<(1,15 \pm 0,11)\text{E}+1$
VI. - XII.	$[\text{Bqm}^{-3}]$	$(6,59 \pm 0,89)\text{E}+2$	$<(2,15 \pm 1,29)\text{E}+0$	$<(2,10 \pm 0,17)\text{E}+1$
	$[\text{Bqm}^{-2}]$	$(4,43 \pm 0,60)\text{E}+2$	$<(1,45 \pm 0,87)\text{E}+0$	$<(1,41 \pm 0,11)\text{E}+1$

3.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U OBORINAMA

^{90}Sr se određuje u zbrojnim mjesečnim (polugodišnjim) 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-25-5.

ZAGREB		^{90}Sr
Mjeseci		
I - III.	[Bqm ⁻³]	(3,78 ± 1,02)E+0
	[Bqm ⁻²]	(3,00 ± 0,81)E-2
IV - VI.	[Bqm ⁻³]	(6,08 ± 2,03)E-1
	[Bqm ⁻²]	(1,30 ± 0,43)E-1
VII - IX.	[Bqm ⁻³]	(6,01 ± 1,64)E-2
	[Bqm ⁻²]	(2,10 ± 0,70)E-2
X - XII.	[Bqm ⁻³]	(2,39 ± 1,10)E-1
	[Bqm ⁻²]	(9,00 ± 0,34)E-2

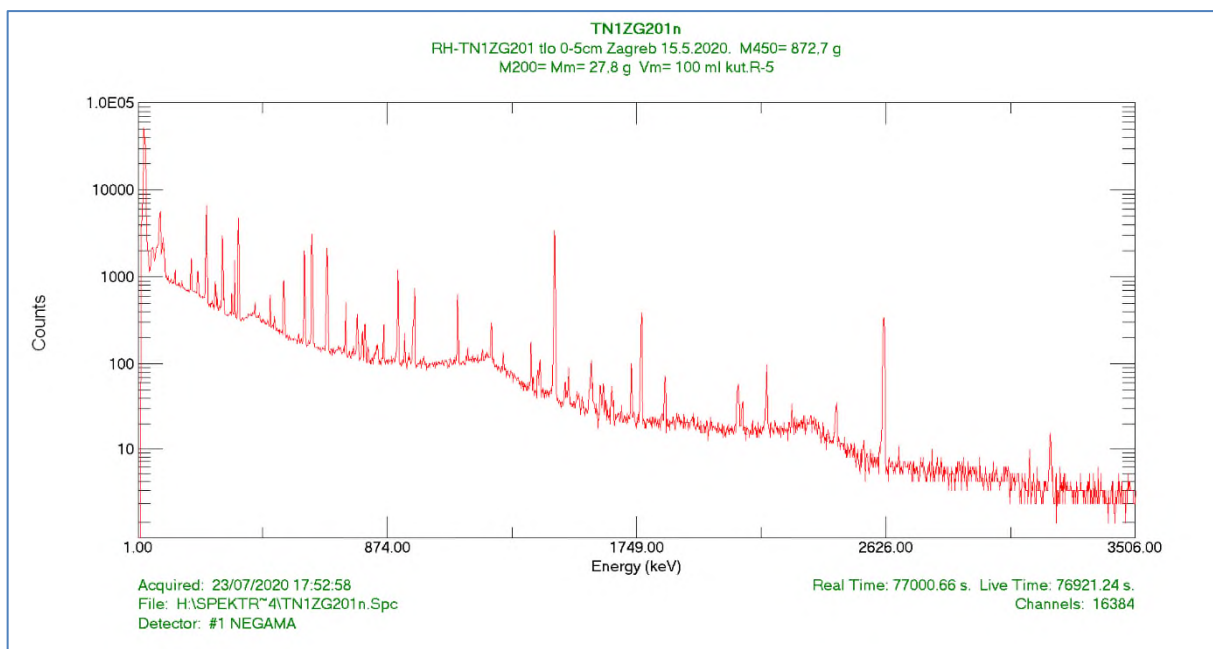
Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima oborina uzorkovanih u Zagrebu u 2020. godini ne odstupaju značajno od prošlogodišnjih vrijednosti.

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.



Slika 6. Primjer gamaspektra uzorka tla

4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA
NEOBRAĐENO TLO

ZAGREB

Datum uzorkovanja: 15.5.2020.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	K
0-5	[Bqkg ⁻¹] (2,02 ± 0,16)E+1	(6,23 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹] (2,02 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (1,28 ± 0,01)E+3	(3,97 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²] (1,28 ± 0,01)E+3
5-10	[Bqkg ⁻¹] (1,21 ± 0,01)E+1	(4,33 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹] (1,40 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (7,70 ± 0,08)E+2	(2,76 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²] (8,92 ± 0,06)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹] (1,26 ± 0,02)E+1	(4,85 ± 0,05)E+2	[gkg ⁻¹] (1,57 ± 0,0)E+1
	[Bqm ⁻²] (8,01 ± 0,10)E+2	(3,09 ± 0,03)E+4	[gm ⁻²] (9,98 ± 0,10)E+2

ZADAR

Datum uzorkovanja: 3.6.2020.

Sloj [cm]	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K	K
0-5	[Bqkg ⁻¹] (2,21 ± 0,07)E+0	(3,40 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹] (1,10 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (8,45 ± 0,28)E+1	(1,30 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²] (4,20 ± 0,04)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹] (2,35 ± 0,09)E+0	(3,59 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹] (1,16 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (8,97 ± 0,03)E+1	(1,37 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²] (4,43 ± 0,03)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹] (3,32 ± 0,09)E+0	(2,98 ± 0,03)E+2	[gkg ⁻¹] (9,62 ± 0,09)E+0
	[Bqm ⁻²] (1,27 ± 0,04)E+2	(1,14 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²] (3,68 ± 0,03)E+2

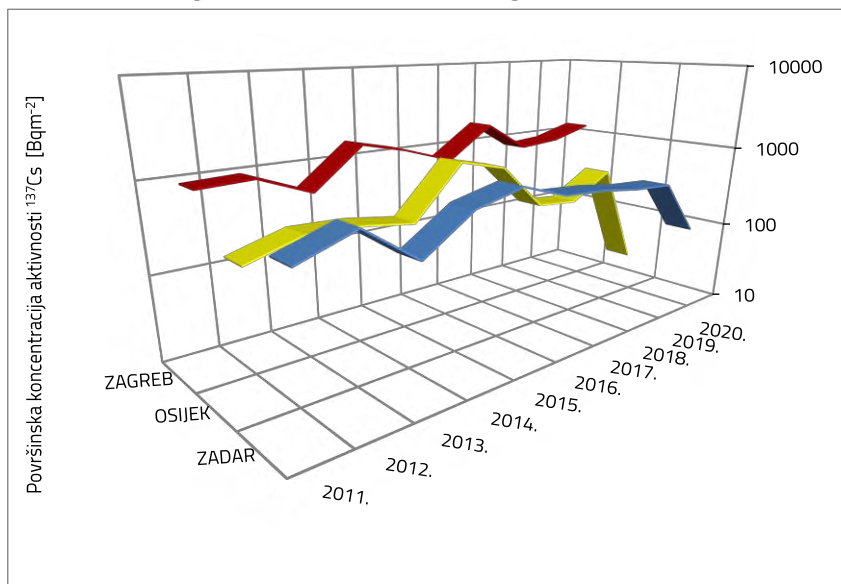
4.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA TLA NEOBRAĐENO TLO

OSIJEK

Datum uzorkovanja: 21.5.2020.

Sloj [cm]	^{137}Cs	^{40}K	K
0-5	[Bqkg ⁻¹] (5,81 ± 0,75)E-1	(4,53 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹] (1,46 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (2,22 ± 0,29)E+1	(1,73 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²] (5,59 ± 0,05)E+2
5-10	[Bqkg ⁻¹] (1,39 ± 0,52)E-1	(5,61 ± 0,04)E+2	[gkg ⁻¹] (1,81 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] (5,32 ± 1,98)E+0	(2,14 ± 0,02)E+4	[gm ⁻²] (6,93 ± 0,05)E+2
10-15	[Bqkg ⁻¹] <(1,53 ± 0,58)E-1	(4,05 ± 0,0)E+2	[gkg ⁻¹] (1,31 ± 0,01)E+1
	[Bqm ⁻²] <(5,84 ± 2,21)E+0	(1,55 ± 0,01)E+4	[gm ⁻²] (5,01 ± 0,03)E+2

Na slici 7. prikazane su vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs [Bq/m²] izmjerenih u prvim slojevima neobrađenog tla od 2011. do 2020. godine.



Slika 7. Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs [Bq/m²] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs izmjerene u prvim slojevima neobrađenih tala iz Zagreba ne odstupaju od vrijednosti iz 2019. godine, dok su na lokacijama Zadar i Osijek niže u odnosu na 2019. godinu.

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-25-5.

ZAGREB

Datum uzorkovanja: 15.5.2020.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(2,02 ± 0,59)E-1	(1,09 ± 0,32)E+1
5 - 10	(2,12 ± 0,55)E-1	(1,29 ± 0,34)E+1
10 - 15	(3,79 ± 0,92)E-1	(2,17 ± 0,53)E+1

ZADAR

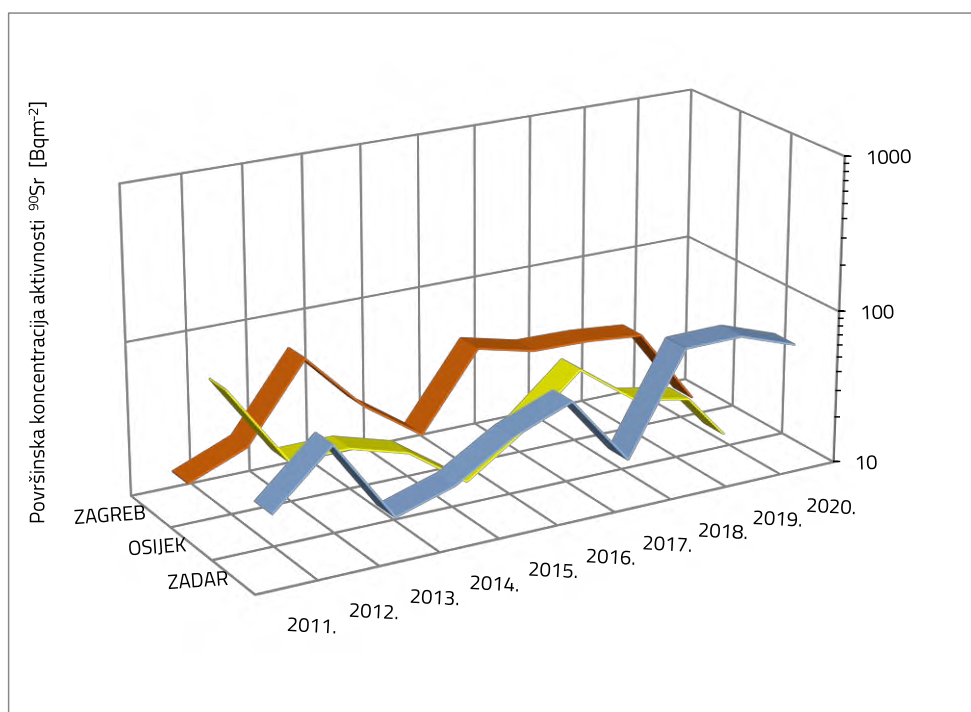
Datum uzorkovanja: 3.6.2020.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(1,09 ± 0,25)E+0	(5,81 ± 1,36)E+1
5 - 10	(8,84 ± 2,06)E-1	(5,13 ± 1,20)E+1
10 - 15	(9,39 ± 2,21)E-1	(4,07 ± 0,96)E+1

OSIJEK

Datum uzorkovanja: 21.5.2020.		
	^{90}Sr	
Sloj [cm]	[Bqkg ⁻¹]	[Bqm ⁻²]
0 - 5	(1,27 ± 0,36)E-1	(7,29 ± 2,07)E+0
5 - 10	(2,53 ± 0,66)E-1	(1,37 ± 0,36)E+1
10 - 15	(1,57 ± 0,47)E-1	(8,01 ± 2,38)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 8. prikazani su trendovi koncentracija aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla.



Slika 8. Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr [Bq/m²] izmjerene u prvim slojevima neobrađenog tla

U odnosu na prošlogodišnje vrijednosti, izmjerene koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u prvim slojevima neobrađenog tla niže su u odnosu na 2019. godinu na lokacijama Zagreb i Osijek, dok na lokaciji Zadar nije bilo značajnog odstupanja u odnosu na 2019. godinu.

5. RIJEKE



5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH 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 [Bqm ⁻³]	^{131}I
<i>Rijeka SAVA</i>				
ZAGREB	19.3.2020.	$<(1,03 \pm 0,06)\text{E}+0$	$(7,23 \pm 0,46)\text{E}+1$	$(2,10 \pm 0,58)\text{E}+1$
	15.5.2020.	$<(5,25 \pm 0,01)\text{E}-1$	$(3,62 \pm 0,20)\text{E}+1$	-
	4.9.2020.	$<(8,43 \pm 0,46)\text{E}-1$	$(4,36 \pm 0,20)\text{E}+1$	-
	10.11.2020.	$<(5,98 \pm 2,31)\text{E}-1$	$(4,10 \pm 0,27)\text{E}+1$	$(1,68 \pm 0,28)\text{E}+2$
HARMICA	5.3.2020.	$<(2,93 \pm 0,27)\text{E}+0$	$(1,92 \pm 0,13)\text{E}+2$	$(7,77 \pm 2,16)\text{E}+0$
	3.7.2020.	$<(7,89 \pm 0,01)\text{E}-1$	$<(9,10 \pm 0,02)\text{E}+0$	-
	4.9.2020.	$<(7,74 \pm 0,01)\text{E}-1$	$(5,79 \pm 0,27)\text{E}+1$	-
	10.11.2020.	$<(6,12 \pm 2,99)\text{E}-1$	$(6,12 \pm 0,45)\text{E}+1$	-
SISAK	19.3.2020.	$(4,98 \pm 0,32)\text{E}+0$	$(9,73 \pm 0,64)\text{E}+1$	$(5,84 \pm 0,52)\text{E}+1$
	15.5.2020.	$<(2,19 \pm 0,40)\text{E}+0$	$(9,45 \pm 1,05)\text{E}+1$	-
	30.9.2020.	$<(8,12 \pm 0,35)\text{E}-1$	$(6,26 \pm 0,32)\text{E}+1$	$(6,45 \pm 1,65)\text{E}+0$
	11.12.2020.	$(1,59 \pm 0,10)\text{E}+0$	$(9,65 \pm 0,47)\text{E}+1$	$(1,12 \pm 0,22)\text{E}+1$
ŽUPANJA	11.3.2020.	$(5,39 \pm 0,38)\text{E}+0$	$(5,24 \pm 0,53)\text{E}+1$	$(8,45 \pm 2,01)\text{E}+1$
	21.5.2020.	$(1,28 \pm 0,15)\text{E}+1$	$(3,59 \pm 0,26)\text{E}+2$	-
	17.9.2020.	$<(7,19 \pm 0,01)\text{E}-1$	$(4,70 \pm 0,23)\text{E}+1$	-
	4.12.2020.	$<(1,38 \pm 0,10)\text{E}+0$	$(3,08 \pm 0,17)\text{E}+1$	-

5.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA RJEČNIH VODA

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	
Rijeka DRAVA			
VARAŽDIN	3.7.2020.	<(1,18 ± 0,16)E+0	<(1,60 ± 4,24)E+1
	30.9.2020.	(2,25 ± 0,73)E+0	(1,12 ± 0,05)E+2
OSIJEK	22.5.2020.	<(1,76 ± 0,14)E+0	<(1,94 ± 0,28)E+1
	18.9.2020.	(3,22 ± 0,22)E+0	(1,49 ± 0,07)E+2

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	
Rijeka DUNAV			
BATINA	22.5.2020.	(2,49 ± 0,28)E+0	(9,93 ± 0,40)E+1
	18.9.2020.	(4,98 ± 0,48)E+0	(1,77 ± 0,50)E+2
VUKOVAR	21.5.2020.	(7,15 ± 0,92)E+0	(1,43 ± 0,16)E+2
	17.9.2020.	(3,47 ± 0,20)E+0	(1,06 ± 0,05)E+2

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	
Rijeka NERETVA			
OPUZEN	30.6.2020.	<(1,12 ± 3,44)E-1	<(1,27 ± 0,36)E+1

Mjesto	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqm ⁻³]	
Rijeka KRKA			
SKRADIN	1.7.2020.	(8,78 ± 0,60)E-1	(2,67 ± 0,17)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}Cs od $0,878 \text{ Bqm}^{-3}$ izmjerena je u srpnju u vodi rijeke Krke kod Skradina, a najviša u svibnju u rijeci Savi kod Županje od $12,8 \text{ Bqm}^{-3}$. Koncentracija aktivnosti prirodnog ^{40}K u uzorcima riječnih voda kretala se od $26,7 \text{ Bqm}^{-3}$ u vodi rijeke Krke u Skradinu u srpnju 2020. godine do 359 Bqm^{-3} u rijeci Savi u Županji u svibnju 2020. godine.

U uzorcima vode iz rijeke Save izmjeren je ^{131}I o čemu je MUP pravodobno izvješten. Preporučuje se detaljnije istraživanje razloga pojave ^{131}I u uzorcima vode iz rijeke Save.

5.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U RJEČNIM VODAMA

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

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
<i>Rijeka SAVA</i>		
ZAGREB	19.3.2020.	$(3,32 \pm 0,78)\text{E}+0$
HARMICA	5.3.2020.	$(6,60 \pm 2,20)\text{E}-1$
SISAK	19.3.2020.	$(1,10 \pm 0,38)\text{E}+0$
ŽUPANJA	11.3.2020.	$(4,49 \pm 2,34)\text{E}-1$

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
<i>Rijeka DRAVA</i>		
OSIJEK	22.5.2020.	$(1,61 \pm 0,43)\text{E}+0$

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
<i>Rijeka DUNAV</i>		
VUKOVAR	21.5.2020.	$(6,01 \pm 2,51)\text{E}-1$

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	2.6.2020.	(8,14 ± 0,45)E+0	<(1,33 ± 0,16)E+1
	21.9.2020.	(7,88 ± 0,59)E+0	(1,10 ± 0,08)E+1
<i>Vransko jezero</i>			
VRANA	2.6.2020.	(4,59 ± 0,33)E+0	(4,88 ± 0,15)E+2
	9.9.2020.	(1,76 ± 0,51)E+0	(8,43 ± 0,11)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 radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm ⁻³]
<i>Plitvička jezera</i>		
KOZJAK	2.6.2020.	(5,90 ± 2,42)E-1
<i>Vransko jezero</i>		
VRANA	2.6.2020.	<(1,89 ± 3,29)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 / [Bq m^{-3}]	K / [gm^{-3}]
ROVINJ	8.6.2020.	$<(4,18 \pm 0,44)\text{E}+0$	327
	14.9.2020.	$(8,93 \pm 2,05)\text{E}+0$	448
PLOMINSKI ZALJEV	8.6.2020.	$<(1,43 \pm 0,52)\text{E}+0$	316
	14.9.2020.	$(9,12 \pm 0,93)\text{E}+0$	440
RIJEKA	8.6.2020.	$(5,45 \pm 0,39)\text{E}+0$	241
	14.9.2020.	$(1,83 \pm 0,13)\text{E}+1$	315
KAŠTELANSKI ZALJEV	29.6.2020.	$<(1,09 \pm 0,50)\text{E}+0$	165
	22.9.2020.	$(4,84 \pm 1,34)\text{E}+0$	427
SPLIT	29.6.2020.	$<(3,42 \pm 0,20)\text{E}+0$	334
	23.9.2020.	$<(2,01 \pm 1,28)\text{E}+0$	420
DUBROVNIK	30.6.2020.	$<(3,37 \pm 0,21)\text{E}+0$	272
	22.9.2020.	$<(5,52 \pm 0,48)\text{E}+0$	431

Morska voda uzorkovana je duž cijele jadranske obale (u Rovinju, Rijeci, Plominskom zaljevu, Kaštelanskom zaljevu, Splitu i Dubrovniku). Vrijednosti koncentracija aktivnosti ^{137}Cs kretale su se od $4,84 \text{ Bq/m}^3$ u rujnu u Kaštelanskom zaljevu do $18,3 \text{ Bq/m}^3$ u rujnu 2020. godine u Rijeci, što pokazuje da nema značajnih odstupanja u odnosu na prošlu godinu.

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	8.6.2020.	(9,03 ± 2,90)E+1
ZALJEV	14.9.2020.	<(3,30 ± 3,40)E+1
KAŠTELANSKI	29.6.2020.	(5,34 ± 2,80)E+1
ZALJEV	22.9.2020.	(3,83 ± 2,28)E+1

Koncentracije aktivnosti ^{226}Ra u uzorcima morske vode u RH izrazito su niske, te u odnosu na prošlu godinu nema značajnog odstupanja.

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 Y. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr / [Bqm ⁻³]
ROVINJ	8.6.2020.	(5,10 ± 0,63)E-1
SPLIT	29.6.2020.	(1,38 ± 0,17)E+0

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima morske vode u RH gotovo su iste u odnosu na 2019. godinu u uzorku iz Rovinja, dok su više u uzorku iz Splita.

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 Cs [Bqkg ⁻¹]	⁴⁰ K
ROVINJ	Muzgavci	9.6.2020.	(3,38 ± 0,38)E-1	(5,26 ± 0,24)E+1
PLOMINSKI ZALJEV	Muzgavci	15.9.2020.	<(5,50 ± 2,32)E-2	(4,87 ± 0,09)E+1
RIJEKA	Muzgavci	16.4.2020.	<(6,53 ± 2,17)E-2	(8,77 ± 0,11)E+1
ZADAR (NOVIGRADSKO MORE)	Muzgavci	3.6.2020.	<(1,25 ± 0,24)E-1	(3,88 ± 0,19)E+1
SPLIT	Muzgavci	29.6.2020.	<(1,07 ± 0,08)E-1	(7,67 ± 0,17)E+1
DUBROVNIK	Muzgavci	6.6.2020.	(5,04 ± 0,60)E-1	(5,17 ± 0,19)E+1

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 ¹³⁷Cs u uzorcima muzgavaca vrlo su niske i uglavnom su ispod 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 uzoraka je provedeno jednokratno (volumena oko 50 L).

ZAGREB

Mjesec	^{137}Cs	^{40}K
	[Bqm ⁻³]	
I.-III.	$<(3,20 \pm 0,04)\text{E}-1$	$(4,83 \pm 0,20)\text{E}+1$
IV.-VI.	$<(3,73 \pm 1,52)\text{E}-1$	$(6,49 \pm 0,22)\text{E}+1$
VII.-IX.	$<(4,19 \pm 1,59)\text{E}-1$	$(8,04 \pm 0,41)\text{E}+1$
X.-XII.	$<(8,05 \pm 0,45)\text{E}-1$	$(5,48 \pm 0,29)\text{E}+1$

JEDNOKRATNI UZORCI

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs / [Bqm ⁻³]
OSIJEK	22.5.2020.	$<(7,79 \pm 0,42)\text{E}-1$
ISTARSKI VODOVOD	16.4.2020.	$<(5,37 \pm 0,11)\text{E}-1$
SPLIT	22.9.2020.	$<(1,10 \pm 0,08)\text{E}-1$
DUBROVNIK	30.6.2020.	$<(3,81 \pm 1,56)\text{E}-1$

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs 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. Čišćenjem se odstrane sve primjese, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

ZAGREB

Mjesec	^{90}Sr / [Bq m^{-3}]
I.-III.	$(2,24 \pm 0,52)\text{E}+0$
IV.-VI.	$(3,60 \pm 1,50)\text{E}-1$
VII.-IX.	$(4,00 \pm 1,40)\text{E}-1$
X.-XII.	$(3,41 \pm 0,79)\text{E}+0$

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima vodovodne vode u Zagrebu koji su uzeti u drugom i trećem tromjesečju bile su na razini prošlogodišnjih, dok su u prvom i četvrtom tromjesečju bile nešto više u odnosu na 2019. 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 radijelih potomaka.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{137}Cs [Bqm^{-3}]
BALE	14.9.2020.	$<(3,89 \pm 2,53)\text{E}-1$
DOLI	6.6.2020.	$<(1,18 \pm 0,06)\text{E}+0$
MARINA	21.9.2020.	$<(1,28 \pm 0,07)\text{E}+0$
PAG	9.9.2020.	$(2,05 \pm 0,13)\text{E}+0$

Koncentracije aktivnosti ^{137}Cs u uzorcima cisternskih voda bile su uglavnom 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, a stroncij se odredi radiometrijski ekstrakcijom TBP-om. Odvojen kao ^{90}Y mjeri se antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Mjesto	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqm^{-3}]
BALE	19.9.2020.	$(8,05 \pm 1,87)\text{E}+0$
DOLI	6.6.2020.	$(4,18 \pm 1,01)\text{E}+0$
MARINA	17.4.2020.	$(1,92 \pm 0,48)\text{E}+0$
PAG	1.10.2020.	$(2,07 \pm 0,63)\text{E}+0$

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima kišnice iz Bala i Marine ne odstupaju u odnosu na 2019. godinu, dok su u uzorcima kišnice iz Doli i sa otoka Paga više u odnosu na 2019.

9. PREHRAMBENI ARTIKLI

9.1. MLIJEKO

9.2. OSTALA LJUDSKA HRANA

9.3. CJELOVITI OBROCI HRANE



9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

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

MLJEKARA - ZAGREB

Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[Bq l ⁻¹]	[Bq g ⁻¹ (K)]
Siječanj	(4,07 ± 0,78)E-2	(2,78 ± 0,54)E-2
Veljača	(5,16 ± 0,85)E-2	(3,45 ± 0,57)E-2
Ožujak	(7,19 ± 0,53)E-2	(4,90 ± 0,37)E-2
Travanj	(2,72 ± 0,38)E-2	(2,22 ± 0,31)E-2
Svibanj	<(2,40 ± 0,40)E-2	-
Lipanj	(3,14 ± 0,42)E-2	(1,87 ± 0,25)E-2
Srpanj	(3,84 ± 0,34)E-2	(2,47 ± 0,22)E-2
Kolovoz	(3,42 ± 0,45)E-2	(2,18 ± 0,29)E-2
Rujan	(2,44 ± 0,37)E-2	(1,55 ± 0,24)E-2
Listopad	(2,86 ± 0,54)E-2	(2,00 ± 0,38)E-2
Studen	<(2,28 ± 0,57)E-2	-
Prosinac	(5,27 ± 0,64)E-2	(3,21 ± 0,40)E-2

9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA - OSIJEK

Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[Bq l ⁻¹]	[Bq g ⁻¹ (K)]
I.-II.	<(8,34 ± 1,42)E-3	-
III.-IV.	<(1,39 ± 0,28)E-2	-
V.-VI.	<(1,36 ± 0,28)E-2	-
VII.-VIII.	<(1,24 ± 0,25)E-2	-
IX.-X.	(1,88 ± 0,26)E-2	(1,30 ± 0,18)E-2
XI.-XII.	(2,49 ± 0,40)E-2	(1,74 ± 0,28)E-2

MLJEKARA - ZADAR

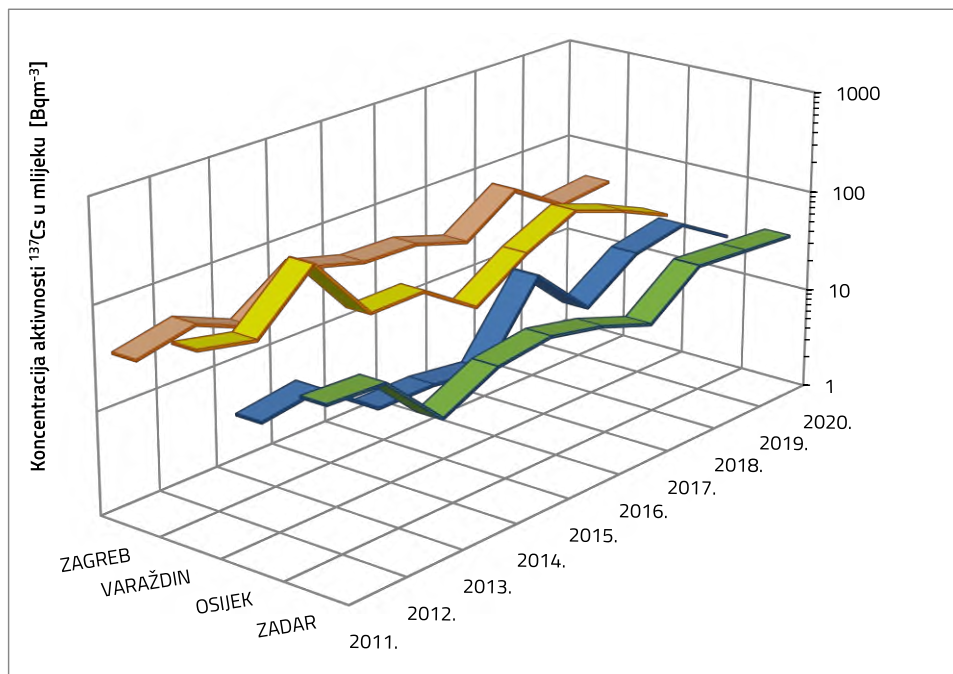
Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[Bq l ⁻¹]	[Bq g ⁻¹ (K)]
I.-II.	(1,20 ± 0,20)E-2	(7,90 ± 1,29)E-3
III.-IV.	(3,02 ± 0,61)E-2	(2,09 ± 0,42)E-2
V.-VI.	(3,43 ± 0,55)E-2	(2,33 ± 0,37)E-2
VII.-VIII.	<(1,70 ± 0,44)E-2	-
IX.-X.	(2,26 ± 0,43)E-2	(1,53 ± 0,29)E-2
XI.-XII.	(5,94 ± 0,88)E-2	(3,66 ± 0,54)E-2

9.1.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA MLIJEKA

MLJEKARA – VARAŽDIN

Mjesec	¹³⁷ Cs	
	[Bq l ⁻¹]	[Bq g ⁻¹ (K)]
I.-II.	(1,03 ± 0,17)E-2	(6,42 ± 0,73)E-2
III.-IV.	(2,56 ± 0,48)E-2	(1,71 ± 0,32)E-2
V.-VI.	(2,83 ± 0,64)E-2	(1,65 ± 0,38)E-2
VII.-VIII.	(3,80 ± 1,06)E-2	(2,46 ± 0,69)E-3
IX.-X.	<(1,68 ± 0,37)E-2	-
XI.-XII.	<(1,90 ± 0,42)E-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 9. i ne odstupaju značajno u odnosu na 2019. godini.



Slika 9. Srednje godišnje koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u mlijeku zagrebačke, varaždinske, osječke i zadarske mljekare

9.1.5 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-25-5.

MLJEKARA – ZAGREB

Mjesec	^{90}Sr [Bq l ⁻¹]
Siječanj	(3,02 ± 0,77)E-2
Veljača	(2,83 ± 0,75)E-2
Ožujak	(3,25 ± 0,84)E-2
Travanj	(2,79 ± 0,74)E-2
Svibanj	(3,34 ± 0,83)E-2
Lipanj	(3,12 ± 0,80)E-2
Srpanj	(3,08 ± 0,80)E-2
Kolovoz	(3,42 ± 0,87)E-2
Rujan	(3,19 ± 0,82)E-2
Listopad	(4,39 ± 1,07)E-2
Studen	(3,47 ± 0,92)E-2
Prosinac	(3,66 ± 0,91)E-2

9.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA - OSIJEK

Mjesec	^{90}Sr [Bq l ⁻¹]
I. - II.	(3,83 ± 0,93)E-2
III.-IV.	(4,54 ± 1,10)E-2
V.-VI.	(4,46 ± 1,09)E-2
VII.-VIII.	(5,18 ± 1,24)E-2
IX.-X.	(6,39 ± 1,52)E-2
XI. - XII.	(5,60 ± 1,34)E-2

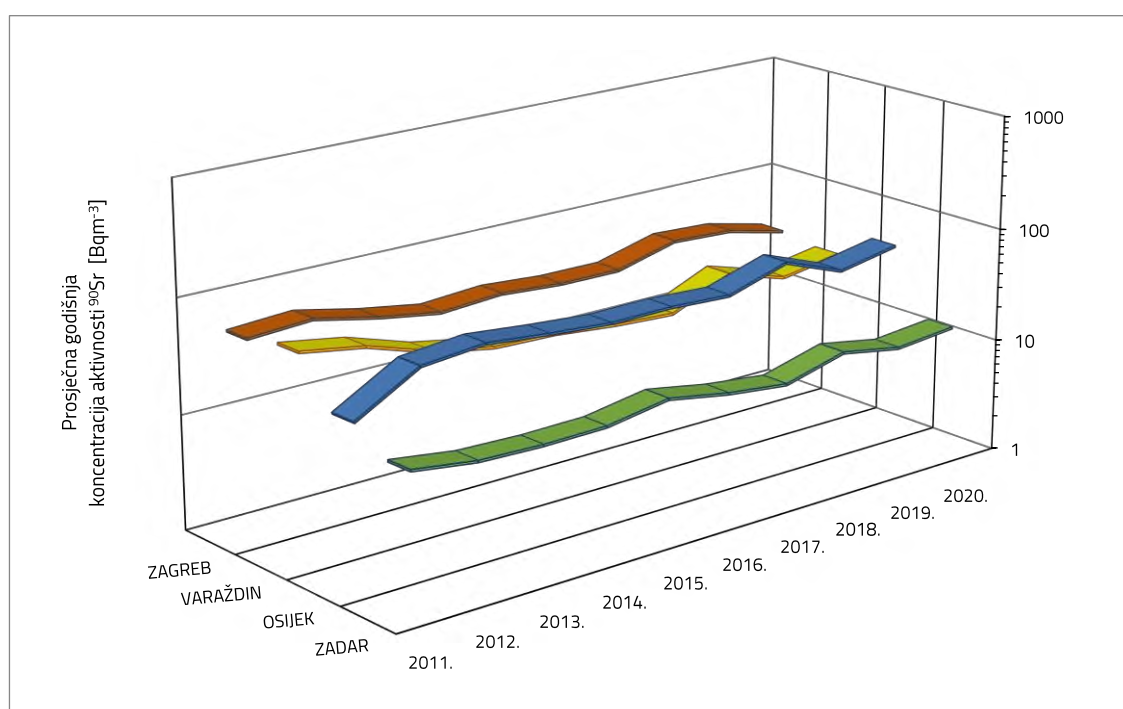
MLJEKARA - ZADAR

Mjesec	^{90}Sr [Bq l ⁻¹]
I. - II.	(1,55 ± 0,49)E-2
III.-IV.	(1,33 ± 0,45)E-2
V.-VI.	(1,21 ± 0,45)E-2
VII.-VIII.	(1,47 ± 0,42)E-2
IX.-X.	(1,40 ± 0,45)E-2
XI. - XII.	(1,02 ± 0,47)E-2

9.1.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U MLIJEKU

MLJEKARA - VARAŽDIN

Mjesec	^{90}Sr [Bq l ⁻¹]
I. - II.	$(2,54 \pm 0,68) \text{ E-2}$
III.-IV.	$(1,60 \pm 0,48) \text{ E-2}$
V.-VI.	$(1,87 \pm 0,53) \text{ E-2}$
VII.-VIII.	$(2,03 \pm 0,55) \text{ E-2}$
IX.-X.	$(2,03 \pm 0,55) \text{ E-2}$
XI. - XII.	$(7,34 \pm 1,73) \text{ E-2}$



Slika 10. 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 2019. 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 Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
Blitva	27.4.2020.	(5,46 ± 0,64)E-2	(8,40 ± 0,33)E+1
Salata	27.4.2020.	(5,06 ± 0,34)E-2	(3,24 ± 0,02)E+1
Jabuke	12.10.2020.	(1,26 ± 0,25)E-2	(3,50 ± 0,03)E+1
Krumpir	12.10.2020.	<(2,84 ± 0,86)E-2	(1,34 ± 0,01)E+2
Kupus	12.10.2020.	<(1,25 ± 0,26)E-2	(6,82 ± 0,04)E+1
Jaja	27.4.2020.	(1,30 ± 0,13)E-1	(5,48 ± 0,05)E+1
Svinjetina	12.10.2020.	(2,33 ± 0,16)E-1	(1,24 ± 0,02)E+2
Piletina	29.5.2020.	(5,40 ± 0,59)E-1	(1,15 ± 0,02)E+2
Riba/pastrva	29.5.2020.	(7,80 ± 0,75)E-2	(1,10 ± 0,01)E+2
Grah	12.10.2020.	(1,61 ± 0,37)E-1	(4,61 ± 0,03)E+2
Junetina	12.10.2020.	(2,50 ± 0,26)E-1	(1,17 ± 0,02)E+2
Šumsko voće - borovnice	11.6.2020.	(1,75 ± 0,14)E+0	<(2,07 ± 0,33)E-1

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
Salata	22.5.2020.	(5,27 ± 0,62)E-2	(1,19 ± 0,01)E+2
Jaja	22.5.2020.	(3,89 ± 0,64)E-2	(6,23 ± 0,06)E+1
Kupus	18.9.2020.	(5,27 ± 0,77)E-2	(6,32 ± 0,04)E+1
Jabuke	18.9.2020.	(1,76 ± 0,15)E-2	(4,80 ± 0,05)E+1
Krumpir	18.9.2020.	<(1,98 ± 0,23)E-2	(1,64 ± 0,01)E+2
Grah	18.9.2020.	<(5,54 ± 0,92)E-2	(4,30 ± 0,02)E+2
Svinjetina	18.9.2020.	<(1,49 ± 0,12)E-1	(1,25 ± 0,03)E+2
Junetina	22.5.2020.	<(1,36 ± 0,18)E-1	(8,96 ± 0,20)E+1
Piletina	22.5.2020.	<(4,35 ± 0,01)E-2	(1,14 ± 0,01)E+2
Riba/šaran	22.5.2020.	(3,94 ± 0,45)E-2	(6,70 ± 0,05)E+1

9.2.G GAMASPEKTROMETRIJSKA ANALIZA LJUDSKE HRANE

PRIOBALNA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
Salata	3.6.2020.	(1,55 ± 0,25)E-2	(4,46 ± 0,03)E+1
Kupus	10.9.2020.	(4,77 ± 1,12)E-2	(6,19 ± 0,04)E+1
Krumpir	10.9.2020.	(3,27 ± 0,74)E-2	(1,16 ± 0,01)E+2
Grah	10.9.2020.	<(1,07 ± 0,29)E-1	(4,32 ± 0,03)E+2
Jabuke	10.9.2020.	<(1,60 ± 0,42)E-2	(4,34 ± 0,04)E+1
Jaja	3.6.2020.	<(8,21 ± 1,99)E-2	(8,76 ± 0,19)E+1
Janjetina	3.6.2020.	(4,42 ± 0,49)E-1	(7,75 ± 0,23)E+1
Blitva	3.6.2020.	(4,05 ± 0,59)E-2	(1,64 ± 0,06)E+2
Riba/srdela	3.6.2020.	(9,26 ± 2,23)E-2	(1,35 ± 0,01)E+2

Gamaspektrometrijske analize provedene su na uzorcima povrća (salata, grah, kupus, krumpir i blitva), voća (jabuke, borovnice), 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.

9.2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}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}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-25-5.

REGIJA SJEVEROZAPADNE HRVATSKE

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqkg ⁻¹]
Salata	27.4.2020.	(1,03 ± 0,24)E-1
Blitva	27.4.2020.	(2,66 ± 0,62)E-1
Krumpir	12.10.2020.	(1,72 ± 0,66)E-2
Kupus	12.10.2020.	(2,32 ± 0,54)E-1
Jaja	27.4.2020.	(1,03 ± 0,52)E-2
Grah	12.10.2020.	(2,45 ± 0,60)E-1
Jabuke	12.10.2020.	(5,41 ± 1,26)E-2
Riba/pastrva	27.4.2020.	(3,93 ± 1,39)E-2

SLAVONSKA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqkg ⁻¹]
Salata	22.5.2020.	(3,78 ± 0,95)E-2
Krumpir	18.9.2020.	(2,45 ± 0,76)E-2
Jabuke	18.9.2020.	(5,20 ± 1,60)E-3
Kupus	18.9.2020.	(6,54 ± 2,04)E-2
Grah	18.9.2020.	(2,35 ± 0,58)E-1
Jaja	18.9.2020.	(9,88 ± 5,00)E-3
Riba/šaran	22.5.2020.	(2,30 ± 0,55)E-1

9.2.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}Sr U LJUDSKOJ HRANI

PRIOBALNA REGIJA

Vrsta	Datum uzorkovanja	^{90}Sr [Bqkg ⁻¹]
Salata	3.6.2020.	(5,27 ± 1,25)E-2
Kupus	10.9.2020.	(1,06 ± 0,25)E-1
Krumpir	10.9.2020.	(2,44 ± 0,81)E-2
Jabuke	10.9.2020.	(2,80 ± 0,68)E-2
Grah	10.9.2020.	(4,88 ± 1,15)E-1
Jaja	3.6.2020.	(3,06 ± 0,87)E-2
Blitva	3.6.2020.	(4,28 ± 1,00)E-1
Riba/srdela	3.6.2020.	(1,51 ± 0,40)E-1

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 2019. 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 Cs	⁴⁰ K
UZORAK	Vrijeme uzorkovanja	[Bqkg ⁻¹]	
Dječji vrtić 1	26.11. - 2.12.2020.	<(2,67 ± 0,46)E-2	(4,76 ± 0,05)E+1
Dječji vrtić 2	26.11. - 2.12.2020.	<(2,60 ± 2,45)E-2	(3,19 ± 0,04)E+1
Dječji vrtić 3	2.12. - 9.12.2020.	<(2,65 ± 0,44)E-2	(4,01 ± 0,05)E+1
Studentska menza 1	10.12. - 16.12.2020.	(4,02 ± 0,53)E-2	(4,40 ± 0,06)E+1
Studentska menza 2	10.12. - 16.12.2020.	(1,98 ± 0,43)E-2	(7,46 ± 0,05)E+1

Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima cjelovitih obroka hrane iz dječjih vrtića ispod su granice detekcije u svim uzorcima, dok u uzorcima iz studentskih menzi nema značajnih odstupanja u odnosu na 2019. godinu.

9.3.5 SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ^{90}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}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-25-5.

CJELOVITI OBROCI HRANE		^{90}Sr
UZORAK	Vrijeme uzorkovanja	[Bqkg ⁻¹]
Dječji vrtić 1	26.11. - 2.12.2020.	(3,16 ± 0,95)E-2
Dječji vrtić 2	26.11. - 2.12.2020.	(4,17 ± 1,14)E-2
Dječji vrtić 3	2.12. - 9.12.2020.	(6,95 ± 1,71)E-2
Studentska menza 1	10.12. - 16.12.2020.	(1,01 ± 2,77)E-1
Studentska menza 2	10.12. - 16.12.2020.	(4,03 ± 1,52)E-2

Koncentracije aktivnosti ^{90}Sr u uzorcima cjelovitih obroka hrane ne odstupaju značajno u odnosu na 2019. 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 mjerenje.

Vrsta	Datum uzorkovanja	¹³⁷ Cs	⁴⁰ K
		[Bqkg ⁻¹]	
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	22.5.2020.	<(2,12 ± 0,42)E-1	(1,30 ± 0,01)E+3
SLAVONSKA REGIJA Silaža	18.9.2020.	<(1,06 ± 2,15)E-2	(2,75 ± 0,02)E+2
SLAVONSKA REGIJA Trava	22.5.2020.	<(2,05 ± 0,30)E-1	(7,10 ± 0,04)E+2

Koncentracije aktivnosti ¹³⁷Cs u uzorcima stočne hrane ispod su granice detekcije u svim uzorcima.

10.S SPECIFIČNO ODREĐIVANJE ⁹⁰Sr 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 ⁹⁰Sr temeljem radioaktivne ravnoteže s ⁹⁰Y koji se mjeri antikoincidentnim beta brojačem niskog osnovnog zračenja Low-level beta GM multicounter system model RISØ GM-25-5.

Vrsta	Datum uzorkovanja	⁹⁰ Sr
		[Bqkg ⁻¹]
SLAVONSKA REGIJA Lucerna	22.5.2020.	(5,64 ± 1,30)E+0
SLAVONSKA REGIJA Silaža	18.9.2020.	(2,94 ± 0,73)E-1
SLAVONSKA REGIJA Trava	22.5.2020.	(4,21 ± 1,02)E-1

Koncentracije aktivnosti ⁹⁰Sr u uzorcima stočne hrane ne odstupaju u odnosu na 2019. godinu.

ZAKLJUČAK



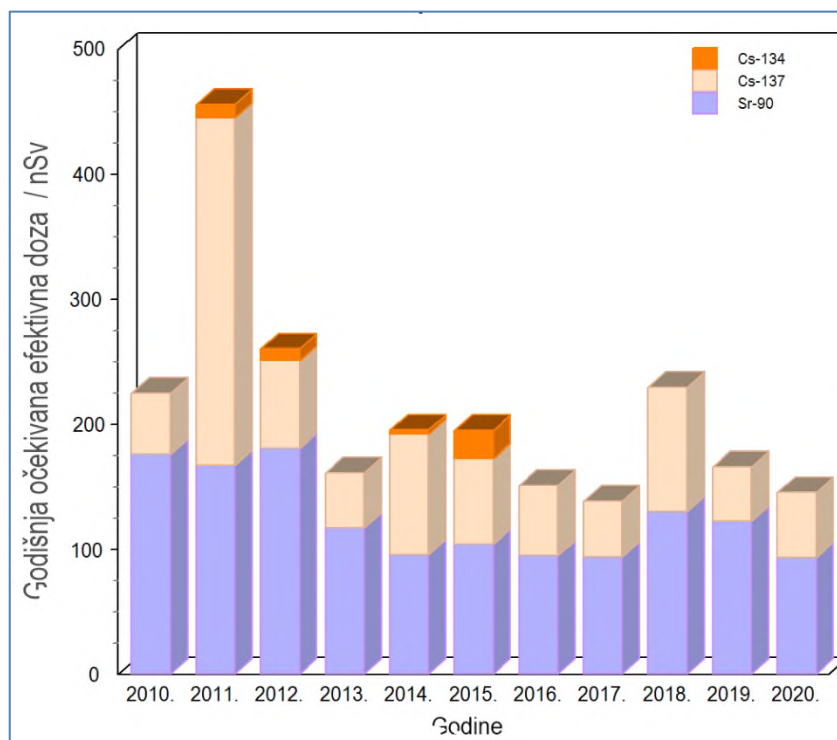
Praćenje stanja radioaktivnosti uzoraka iz okoliša na teritoriju Republike Hrvatske u 2020. godini provedeno je na osnovu ugovora s MUP RH, a temeljem članka 68. *Zakona o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti* (Narodne novine RH 141/2013; 39/2015; 130/2017; 118/2018) i *Pravilnika o praćenju stanja radioaktivnosti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

Uzorkovanja, mjerenja 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 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 2020. 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 100 litara i podataka o koncentracijama aktivnosti ^{137}Cs i ^{90}Sr u mlijeku. Prosječni odrasli stanovnik Republike Hrvatske primio bi konzumacijom sto litara mlijeka godišnje dozu od 52 nSv unosom ^{137}Cs , te dozu od 93 nSv unosom ^{90}Sr , što je gotovo isto kao u 2019. godini.

Na slijedećoj slici prikaz je kretanja procijenjenih godišnjih efektivnih doza koje primi prosječni odrasli stanovnik unosom cezija i stroncija mlijekom zagrebačke mljekare.



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

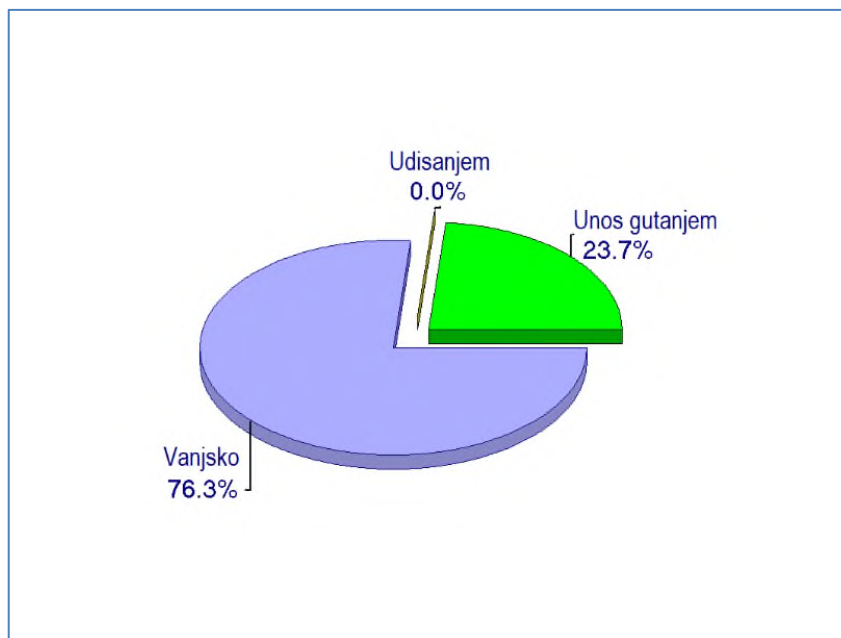
Procijenimo li efektivnu dozu za dječju populaciju (djecu od dvije do sedam godina starosti) od unosa ^{137}Cs i ^{90}Sr cjelovitim obrocima zajedničke vrtičke prehrane (160 kg godišnje) doza iznosi 399 nSv. Za usporedbu, procijenjena efektivna doza za istu skupinu djece na bazi unosa 160 litara mlijeka zagrebačke mljekare iznosi 311 nSv. Efektivna doza za studentsku populaciju unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr hranom u studentskoj menzi (100 kg hrane godišnje) iznosi 237 nSv. Procijenjena efektivna doza primljena unosom ^{137}Cs i ^{90}Sr mlijekom zagrebačke mljekare (stotinu litara) iznosi 145 nSv.

Vanjsko dozno opterećenje na lokaciji IMI u Zagrebu u 2020. godini iznosilo je 1,03 mSv (gotovo isto kao i 2019. godine). Budući da godišnji program za 2020. godinu nije predvidio mjerenja 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 0,861 mSv.

Udisanjem zraka prosječan odrasli stanovnik Hrvatske primio bi 6,0 nSv. U procijenjenoj dozi najveći je doprinos onaj primljen udisanjem ^7Be (2,3 nSv), ^{137}Cs (1,4 nSv) i ^{90}Sr (0,5 nSv). Procijenjena doza za odraslog stanovnika od udisanja zraka nešto su veće u odnosu na 2019. 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 0,640 μSv , za unos ^{137}Cs 0,618 μSv , a za unos ^{40}K 266 μSv . 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).

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.



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), iako samim Pravilnikom nisu u potpunosti definirana rješenja za sveobuhvatne procjene ukupnih efektivnih doza za populaciju Republike Hrvatske.

Eventualno dodatno 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 mjerenja 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 dovest 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.