



Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2013



ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d.

Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

Naslov poročila:	Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2013
Izdelovallec:	ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d., Center za fizikalne meritve, Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov, Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje
Številka poročila:	LMSAR-20140003-MG
Datum poročila:	31.03.2014
Naročnik:	Ministrstvo za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji, Ajdovščina 4, 1000 Ljubljana
Številka pogodbe:	C2717-14-232003
Skrbnika pogodbe:	dr. Tomaž Šutej (URSVS), dr. Gregor Omahen (ZVD)
Program:	Radioaktivnost v življenjskem okolju Slovenije za leto 2013 Radioactivity in the living environment of Slovenia for the year 2013
Izvajalca programa:	ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d. in Institut "Jožef Stefan"
Koordinatorja:	dr. Gregor OMAHEN, univ.dipl.fiz. (ZVD) dr. Benjamin Zorko (IJS)
Izvajalci:	ZVD: Peter Jovanovič, Majda Levstek, Lili Peršin, dr. Marko Giacomelli, dr. Gregor Omahen IJS: D. Brodnik, B. Črnič, dipl. inž. fiz., mag. D. Glavič - Cindro, S. Gobec, M. Jerina, dr. M. Korun, K. Kovačič, univ. dipl. inž. geol., dr. J. Kožar Logar, R. Krištof, dipl. san. inž., D. Marguč, dr. M. Nečemer, P. Osterman, mag. B. Vodenik, dr. B. Zorko (vsi Odsek za fiziko nizkih in srednjih energij), B. Svetek, inž. kem. tehnol., iz. prof. dr. V. Stibilj, Z. Trkov, inž. kem. tehnol. (vsi Odsek za znanosti o okolju)
Poslano:	naročnik (6 izvodov) in arhiv ZVD (2 izvoda)
Poročilo pripravil:	dr. MARKO GIACOMELLI, univ.dipl.fiz.
Pregledal in odobril:	dr. GREGOR OMAHEN, univ.dipl.fiz.

© 2014 ZVD d.d.

Poročilo vsebuje skupaj 116 strani ter ga je dovoljeno reproducirati samo v celoti.

Izdal: ZVD ZAVOD ZA VARSTVO PRI DELU D.D., LJUBLJANA, marec 2014

WWW.ZVD.SI

Slika na naslovnici: Pogled na ljubljansko kotlino z Luškega dedca, © Marko Giacomelli

ZVD zavod za varstvo pri delu d.d.

Chengdujska cesta 25, 1260 Ljubljana-Polje, Slovenija

T: +386 (0)1 585 51 00; F: +386 (0)1 585 51 01; E: info@zvd.si; W: www.zvd.si

Davčna št. 21282692; ID št. za DDV: SI21282692; Matična št.: 5055580

Vpis družbe: Okrožno sodišče v Ljubljani, vložna št.: 10024700; Osnovni kapital: 779.402,44
EUR



Povzetek / Abstract

V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehranske verige. Radioaktivnost okolja je posledica globalnega onesnaženja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij v ozračju in jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi. Prispevek zaradi nesreče v Fukušimi je v Sloveniji zanemarljiv. Na podlagi rezultatov meritev radioaktivnosti v okviru različnih monitoringov, ki se izvajajo v Sloveniji pod okriljem Ministrstva za zdravje in Ministrstva za kmetijstvo in okolje, smo izdelali oceno doz prebivalstva zaradi izpostavljenosti dolgoživim umetnim radionuklidom (naravni so izzveti). Ocenili smo doze sevanja po različnih ekspozicijskih prenosnih poteh. Ocenjena doza zaradi izpostavljenosti umetnim radionuklidom po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2013 za dojenčke $< 12,2 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $< 8,2 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $< 7,1 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

In the present report results of radioactivity measurements for manmade and natural radionuclides in the biosphere and in the particular elements of the food chain are summarized, analyzed and commented. Radioactivity of the environment is a consequence of the general radioactive contamination due to the nuclear test explosions and Chernobyl and Fukushima accidents. The contribution of the Fukushima accident is in Slovenia negligible. Based on the results of radioactivity measurement performed within the frameworks of various monitoring performed under the auspices of Ministry of Health and Ministry of Agriculture and the Environment we have assessed the doses to members of the public due to exposure to long-lived anthropogenic radionuclides (natural excluded). We have estimated doses for important exposure pathways. Dose estimates for infants, children for 7 up to 12 years and adults for manmade radionuclides in the year 2013 are $< 12.2 \mu\text{Sv}$, < 8.2 and $< 7.1 \mu\text{Sv}$, respectively. These values represent approximately 1 % of the annual dose limit for the long term exposure of the individuals from the population, exposed to the man made sources of ionizing radiation.

Ključne besede / Keywords

radioaktivno onesnaženje okolja, umetni in naravni radionuklidi, specifična aktivnost radionuklidov, reke, vodovodi, suhi in mokri used, zrak, aerosoli, zemlja, hrana, ingestija, doze zunanega sevanja, ocena efektivnih doz

radioactive contamination of the environment, artificial and natural radionuclides, specific activity, rivers, tap water, dry and wet deposition, air, aerosols, soil, food, ingestion, external dose, effective dose assessments



Kazalo

Povzetek / Abstract	5
Ključne besede / Keywords	6
1 Uvod	15
1.1 Zakonodajne podlage	15
1.2 Okvirni program meritev	15
1.3 Obseg poročila	16
2 Program in metodologija meritev	17
2.1 Vrste meritev	17
2.2 Lokacije vzorčenja	20
2.3 Metodologija meritev	20
2.4 Akreditirane meritve	21
2.4.1 Originalna poročila z meritvami	21
2.5 Izračuni specifičnih aktivnosti	21
3 Okoljski monitoring	23
3.1 Zrak	23
3.1.1 Vzorčenje in rezultati meritev	23
3.1.2 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137	23
3.1.3 Sezonske variacije Cs-137	25
3.1.4 Dolgoročni trend aktivnosti Be-7	26
3.1.5 Sezonske variacije Be-7	29
3.2 Padavine	36
3.2.1 Vzorčenje in rezultati meritev	36

3.2.2	Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90	36
3.2.3	Specifična aktivnost H-3	37
3.2.4	Specifična aktivnost kozmogenega Be-7	38
3.3	Tekoče vode	42
3.3.1	Vzorčenje in rezultati meritev	42
3.3.2	Dolgoročni trendi	42
3.4	Zemlja	45
3.4.1	Vzorčenje in rezultati meritev	45
3.4.2	Dolgoročni trendi	46
4	Zunanje sevanje	51
4.1	Lokacije meritev	51
4.2	Rezultati meritev	53
4.3	Dolgoročni trend doz	53
5	Monitoring pitne vode, hrane in krme	55
5.1	Pitna voda	55
5.2	Hrana	56
5.2.1	Mleko	56
5.2.2	Živila živalskega izvora	59
5.2.3	Žitarice, moka, kruh	60
5.2.4	Sadje	60
5.2.5	Zelenjava	60
5.2.6	Otroška hrana	60
5.3	Krmila	60
6	Ocena prejetih doz sevanja	65
6.1	Osnovne enačbe	65
6.2	Uporabljeni podatki in predpostavke	66
6.2.1	Umetni radionuklidi	66
6.2.2	Naravni radionuklidi	66
6.2.3	Starostne skupine	67
6.2.4	Prehranjevalne predpostavke	67
6.2.5	Privzete specifične aktivnosti	68
6.3	Doza zaradi ingestije in inhalacije	68
6.4	Doza zaradi zunanjega sevanja	69
6.5	Skupna ocena doze	73
7	Zaključki	77
7.1	Ugotovitve	77
7.2	Priporočila	77

	Literatura	79
A	Rezultati meritev	83
A.1	Zrak	83
A.2	Padavine	86
A.3	Tekoče vode	91
A.4	Zemlja	96
A.5	Sedimenti	99
A.6	Zunanje sevanje	100
A.7	Pitna voda	101
A.8	Hrana	103
A.9	Krmila	109



Slike

3.1	Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.	24
3.2	Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana za obdobje od leta 1986 dalje	24
3.3	Različni viri prašnih delcev PM ₁₀ (za leto 2011).	25
3.4	Temperaturna korelacija prašnih delcev PM ₁₀ med kurilno sezono (oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve) na lokaciji v Ljubljani (za leto 2013). Barvna oznaka predstavlja količino padavin.	26
3.5	Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137, Th-228 in Pb-210 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM ₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.	27
3.6	Povprečne celoletne specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja)	28
3.7	S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz).	29
3.8	V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.	30
3.9	Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter.	30
3.10	Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje.	31
3.11	Antikorelacija sončevega cikla s koncentracijami Be-7 v zraku.	32
3.12	Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.	33
3.13	Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2013).	34
3.14	Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2013 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja.	35
3.15	Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.	36
3.16	Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij po Sloveniji)	38
3.17	Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji.	39

3.18	Specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje	40
3.19	Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje	41
3.20	Lokacije vzorčenja vzorcev tekočih voda.	42
3.21	Povprečne specifične aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v reki Savi (povprečje lokacij Ljubljana in Brežice) in Dravi od leta 2002 dalje.	44
3.22	Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.	45
3.23	Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji	46
3.24	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	48
3.25	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	49
3.26	Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.	50
4.1	Lokacije TL dozimetров za meritve letne doze zunanjega sevanja.	51
4.2	Doza zunanjega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje	53
5.1	Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode.	55
5.2	Lokacije vzorčenja vzorcev živil.	56
5.3	Primerjava povprečnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2013.	57
5.4	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice.	58
5.5	Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v mleku v prahu iz Murske Sobote.	59
5.6	Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje.	62
5.7	Lokacije vzorčenja vzorcev krme.	63
6.1	Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad,	68
6.2	Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)	69
6.3	Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)	72
6.4	Predvidena efektivna doza H_E zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje	75

Tabele

2.1	Program meritev v življenjskem okolju v Sloveniji v 2013	17
2.2	Orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide . .	22
3.1	Povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij)	37
3.2	Najvišje izmerjene, A_{max} , in povprečne koncentracije, $\bar{A}$, radionuklidov v vzorcih tekočih vod	43
4.1	Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami	52
6.1	Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine	67
6.2	Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2013	68
6.3	Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2013.	70
6.4	Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2013.	71
6.5	Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanjega sevanja	72
6.6	Obsewna obremenitev prebivalstva v letu 2013 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi	74
A.1	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Jareninski vrh . .	83
A.2	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja	84
A.3	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana	85
A.4	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih padavin - Ljubljana IJS (1. polletje)	86
A.5	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih padavin - Ljubljana IJS (2. polletje)	87
A.6	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana ZVD	88
A.7	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto . .	89
A.8	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota	89
A.9	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec	90
A.10	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Laze	91

A.11	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja	92
A.12	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča	92
A.13	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka	93
A.14	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Brežice	93
A.15	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa	94
A.16	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava	94
A.17	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura	95
A.18	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana	96
A.19	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid	97
A.20	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota .	98
A.21	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sedimentov	99
A.22	Izmerjene vrednosti zunanjega sevanja s TL dozimetri	100
A.23	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode	101
A.24	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode	102
A.25	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana	103
A.26	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid	103
A.27	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica	104
A.28	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota	104
A.29	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora	105
A.30	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric	106
A.31	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja	107
A.32	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave	108
A.33	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane	108
A.34	Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme	109

1 — Uvod

1.1 Zakonodajne podlage

Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti (ZVISJV) [1] ureja varstvo pred ionizirajočimi sevanji z namenom zmanjšanja škode za zdravje ljudi in radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja zaradi uporabe virov ionizirajočih sevanj do najmanjše možne mere tako, da se hkrati mogoči uporaba virov sevanj in izvajanje sevalnih dejavnosti. V 123. členu ZVISJV so podane zahteve za spremljanje stanja radioaktivnosti okolja, na podlagi katerih se izvajajo meritve v okolju, ki jih ureja Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti (JV10) [2]. V 19. čl. ZVISJV so podane zahteve za mejne doze za prebivalstvo, ki jih podrobneje razčlenjujeta Pravilnik o pogojih in metodologiji za ocenjevanje doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji (SV5) [3] in Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (UV2) [4]. V 54. členu ZVISJV so podane zahteve za izdelavo poročila o ocenah prejetih doz za prebivalstvo, ki temelji na prej omenjenih pravilnikih in uredbi.

V pravilniku JV10 so navedene metode vzorčenja in merilne metode ter program meritev, ki upošteva vse pomembne načine izpostavljenosti prebivalstva ionizirajočim sevanjem, prenosne poti razširjanja radioaktivnosti in radionuklide, ki pomembno prispevajo k efektivni dozi.

1.2 Okvirni program meritev

Program zajema merjenje zunanega sevanja, merjenje radioaktivne kontaminacije zraka, vode in tal, merjenje radioaktivne kontaminacije živil, kmetijskih proizvodov, hrane in krme.

V celotnem programu so zajeti enkratni vzorci (npr. vzorci mesa), vzorci, ki se odvijajo enkrat in zbirajo, ovrednoti pa se radioaktivnost zbirnega vzorca v nekoliko daljšem časovnem obdobju kot npr. mleko (dvomesečni kompozitni vzorec) ter vzorci, ki se zbirajo kontinuirano skozi celotni mesec, meri pa se mesečni kompozitni vzorec (npr. vzorci zraka).

Izvajalca nadzornih meritev v življenjskem okolju Republike Slovenije sta Zavod za varstvo pri delu d.d. (ZVD) in Institut "Jožef Stefan" (IJS). Oba izvajalca sta se udeležila tudi mednarodnih interkomparacijskih meritev z namenom, da se zagotovi in

preverja kakovost meritev. Dodatne primerjalne meritve vzorcev sta izvajalca opravljala v sklopu nadzornih meritev v programu nadzora radioaktivnosti v okolici NE Krško.

1.3 Obseg poročila

V poročilu o obsevanosti prebivalcev Slovenije analiziramo meritve radioaktivnosti v okviru rednega monitoringa radioaktivnosti v Sloveniji, ki ga financirata Ministrstvo za kmetijstvo in okolje ter Ministrstvo za zdravje. Namen meritev je izračun doze, ki jo zaradi življenja v Sloveniji prejme povprečen prebivalec Slovenije. Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije nima namena prikazati sevalnih obremenitev, katerim je izpostavljeno prebivalstvo zaradi tehnološko modificiranih naravnih virov sevanja (radon v bivalnem okolju, rudnik urana Žirovski vrh), delovanja jedrske elektrarne Krško ali vpliva medicinskih virov.

V poročilu so zajeti predvsem podatki o stanju radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja kot posledice izvajanja preteklih jedrskih eksplozij in černobilske ter fukušimske jedrske nesreče.

2 — Program in metodologija meritev

2.1 Vrste meritev

Program meritev radioaktivne kontaminacije življenjskega okolja v Republiki Sloveniji je bil v letu 2013 enak kot v prejšnjih letih. Način zbiranja in odvzema vzorcev, priprava in obdelava ter meritve radioaktivnosti so v skladu z enotno metodologijo, predpisano s Pravilnikom JV10 [2].

Program meritev v Sloveniji v letu 2013 je prikazan v spodnji tabeli 2.1. V posebnem stolpcu so označene meritve, ki ji je opravil bodisi ZVD bodisi IJS.

Tabela 2.1: Program meritev v življenjskem okolju v Sloveniji v 2013

Vrsta in opis meritev	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
REKE, MORJE				
VL spektrometrija gama	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVA (Brežice)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Dravograd)	voda	polletno, 2	IJS
	SOČA (Solkan)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVINJA (Celje)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
	KRKA (Otočec)	voda	polletno, 2	IJS
	KOLPA (Vinica)	voda	polletno, 2	IJS
	MORJE (Piran)	voda	polletno, 2	IJS
	MORJE (Piran)	sediment	polletno, 2	IJS
Specifična analiza H-3	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	SAVA (Brežice)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Dravograd)	voda	polletno, 2	IJS
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
Specifična analiza Sr-90	SAVA (Ljubljana)	voda	polletno, 2	IJS
	DRAVA (Maribor)	voda	polletno, 2	IJS

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 – nadaljevanje s prejšnje strani

Vrsta	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
	MURA (Petanjci)	voda	polletno, 2	IJS
Specifična analiza I-131	DRAVA (Dravograd)	voda	kvartalno, 4	IJS
	MURA	voda	kvartalno, 4	IJS
ZRAK - partikulati				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	kontinuirano črpanje skozi filter	mesečno, 12	IJS
	Jareninski vrh		mesečno, 12	ZVD
	Predmeja		mesečno, 12	ZVD
ZEMLJIŠČE - neobdelano zemljišče v različnih globinah				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	0 - 5 cm	polletno, 6	IJS
	Kobarid	5 - 10 cm	polletno, 6	ZVD
	Murska Sobota	10 - 15 cm	polletno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	0 - 5 cm	polletno, 6	IJS
	Kobarid	5 - 10 cm	polletno, 6	ZVD
	Murska Sobota	10 - 15 cm	polletno, 6	ZVD
TLD	50 lokacij po Sloveniji	TL - H*(10)	polletno, 100	IJS
TRDE IN TEKOČE PADAVINE				
VL spektrometrija gama	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda v enem mesecu na višini 1m od tal	mesečno, 24	ZVD, IJS
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
	Novo mesto		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	tromesečno, 4	ZVD
	Bovec		tromesečno, 4	ZVD
	Murska Sobota		tromesečno, 4	ZVD
	Novo mesto		tromesečno, 4	ZVD
Specifična analiza H-3	Ljubljana	Zbirna količina skupnega useda	mesečno, 12	IJS
PITNA VODA				
VL spektrometrija gama	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
Specifična analiza H-3	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
Specifična analiza Sr-90	15 lokacij po Sloveniji	vodovodi - enkratni vzorec	letno, 15	IJS
HRANA				
Hrana rastlinskega porekla				
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	Sezonska zelenjava npr. krompir, solata, špinača, korenje, zelje, fižol, paradižnik	letno, 6	ZVD

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 – nadaljevanje s prejšnje strani

Vrsta	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	Sezonska zelenjava npr. krompir, solata, špinača, korenje, zelje, fižol, paradižnik	letno, 6	ZVD
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	Sezonsko sadje npr. jabolka, bruske, češnje, slive, hruške, jagode, češnje	letno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	Sezonsko sadje npr. jabolka, bruske, češnje, slive, hruške, jagode, češnje	letno, 6	ZVD
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	Žito, kruh npr. pšenica, koruza, rž, ječmen, kruh, bela moka	letno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	Žito, kruh npr. pšenica, koruza, rž, ječmen, kruh, bela moka	letno, 6	ZVD
Hrana živalskega porekla				
VL spektrometrija gama	Večja mesta po celotni Sloveniji	sir, jajca, goveje meso, svinjsko meso, ribe, perutnina, med, divjačina	letno, 8	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Večja mesta po celotni Sloveniji	sir, jajca, goveje meso, svinjsko meso, ribe, perutnina, med, divjačina	letno, 8	ZVD
VL spektrometrija gama	Ljubljana	mleko	dvomesečno, 6	ZVD
	Kobarid		dvomesečno, 6	ZVD
	Bohinjska Bistrica		dvomesečno, 6	ZVD
	Murska Sobota		dvomesečno, 6	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Ljubljana	mleko	dvomesečno, 6	ZVD
	Kobarid		dvomesečno, 6	ZVD
	Bohinjska Bistrica		dvomesečno, 6	ZVD
	Murska Sobota		dvomesečno, 6	ZVD
Celovit obrok hrane				
VL spektrometrija gama	Vrtci po različnih slovenskih mestih	obrok	letno, 5	ZVD
Specifična analiza Sr-90	Vrtci po različnih slovenskih mestih	obrok	letno, 5	ZVD
KRMILA, GNOJILA, FOSFATI				
VL spektrometrija gama	10 lokacij	enkratni vzorec	letno, 12	IJS

nadaljevanje na naslednji strani –

Tabela 2.1 – nadaljevanje s prejšnje strani

Vrsta	Vzorčevalno mesto	Vrsta vzorca	Pogostost in št. meritev	Izvajalec
Specifična analiza Sr-90	10 lokacij	enkratni vzorec	letno, 12	IJS

Stalen nadzor nad kontaminacijo okolja s sevalci gama, Sr-90, I-131 in H-3 je tudi v letu 2013 zajel najpomembnejše člene prehranske verige in tako kot v prejšnjih letih, upošteval padavinsko različna področja. Na podlagi črnobilskih izkušenj so v programu tudi termoluminiscentni dozimetri in sicer na večjih krajih v Sloveniji, ki služijo za indikacijo nihanj zunanjega sevanja gama oziroma za določevanje prejetih doz prebivalstva zaradi zunanjega sevanja gama.

2.2 Lokacije vzorčenja

Lokacije vzorčenja zraka, padavin, zemlje, tekočih in pitnih vod ter merilna mesta doz zunanjega sevanja so ostala v splošnem enaka kot v prejšnjih letih. ZVD je v letu 2013 izvajal meritve radioaktivnosti zraka, zemlje, padavin, hrane, IJS pa meritve radioaktivnosti tekočih vod, krmil, zemlje, zraka in zunanjega sevanja ter tudi meritve radioaktivnosti pitnih vod.

Lokacije vzorčenja vzorcev in meritev zunanjega sevanja s TLD so prikazane v na zemljevidih v posameznih pripadajočih poglavjih, in sicer:

- zrak – slika 3.1 na strani 24
- padavine – slika 3.15 na strani 36
- tekoče vode – slika 3.20 na strani 42
- zemlja – slika 3.22 na strani 45
- zunanje sevanje – slika 4.1 na strani 51
- pitna voda – slika 5.1 na strani 55
- hrana – slika 5.2 na strani 56
- krma – slika 5.7 na strani 63

2.3 Metodologija meritev

Meritve v okviru rednega monitoringa življenjskega okolja v Republiki Sloveniji v letu 2013 sta izvajala ZVD in IJS. Za določanje specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih iz okolja smo uporabljali visoko ločljivostno spektrometrijo gama (ZVD in IJS), radiokemično analizo Sr-90 (ZVD in IJS), radiokemično analizo H-3 (IJS) in radiokemično analizo I-131 (ZVD). Za meritve doze zunanjega sevanja smo uporabljali TL dozimetre (IJS).

Vzorci zraka, padavin, neobdelane zemlje ter hrane rastlinskega in živalskega porekla smo v letu 2013 na ZVD vzorčili, pripravili in merili v skladu z odobrenimi delovnimi postopki za vzorčenje, pripravo vzorcev in izvajanje meritev specifičnih aktivnosti gama in beta sevalcev v vzorcih iz življenjskega okolja, DP-LMSAR-01, DP-LMSAR-02, DP-LMSAR-03, DP-LMSAR-07, DP-LMSAR-16, DP-LMSAR-18, DP-LMSAR-4.01, DP-LMSAR-4.02, DP-LMSAR-4.03.

IJS je v letu 2013 izvajal meritve radioaktivnosti tekočih vod, pitnih vod, sedimenta, zemlje in zraka v Ljubljani in krmil ter zunanjega sevanja. Vzorce so na IJS vzorčili, pripravili in merili v skladu s sprejetimi postopki IJS. Sevalce gama določajo v skladu s postopkom Visokoločljivostna spektrometrija gama v laboratoriju (LMR-DN-10),

vsebnost Sr-89/90 v skladu s postopki Določanje stroncija z beta štetjem (SDN-O2-STC(01)) in Navodilo za uporabo proporcionalnega števca (DP-O2-STC(01)), vsebnost tritija pa v skladu s postopkom Meritev, analiza in izračun vsebnosti tritija (LSC-DN-07) ali Določanje tritija s tekočinskim scintilacijskim štetjem (SDN-O2-SZC(02)).

Stalno izvajanje kontrolnih meritev v laboratorijih po definiranih programih, udeležba na interkomparacijskih meritvah doma in v tujini, uporaba standardnih virov radioaktivnosti s certifikati, zagotavljajo kakovostne meritve, zanesljivost rezultatov in sledljivost do mednarodnih etalonov za merila.

2.4 Akreditirane meritve

ZVD in IJS sta za izvajanje meritev z metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama, radiokemične analize Sr-89, Sr-90 in H-3 (samo IJS) ter meritve doze zunanega sevanja akreditirana v skladu s standardi SIST EN ISO/IEC 17025 – akreditacijske listine številka LP-022, LP-032 in LP-090. Radiokemične analize I-131 se ne izvajajo po akreditirani metodi, vendar izvajalci meritev vzdržujejo sistem kakovosti in nenehnega izboljševanja. V prilogi A pričujočega poročila (od strani 83 naprej) so zbrane in predstavljene tabele z rezultati meritev monitoringa radioaktivnosti v okolju. Meritve označene z znakom # se nanašajo na neakreditirano dejavnost.

Ker sta meritve izvajala ZVD Zavod za varstvo pri delu in Institut »Jožef Stefan«, je vsaka tabela priloge A ob strani posebej označena z logotipom organizacije, in sicer z  za meritve ZVD in  za meritve IJS.

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih so preračunane na datum vzorčenja. Število podano za znakom $\pm$ je skupna standardna negotovost in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo (v kolikor ni drugače navedeno). Število podano za znakom $<$ je spodnja meja aktivnosti, ki jo lahko določimo za dani izotop in se nanaša na interval zaupanja z 68% zanesljivostjo. Aktivnosti navedene v poročilu v prilogi A se nanašajo le na izmerjeni vzorec in ne na celotni vzorčeni material.

2.4.1 Originalna poročila z meritvami

Rezultati navedeni v tabelah v prilogi A so pridobljeni iz naslednjih akreditiranih poročil ZVD in IJS v okviru izvajanja rednih monitoringov Ministrstva za kmetijstvo in okolje, Uprava RS za jedrsko varnost in Ministrstva za zdravje, Uprava RS za varstvo pred sevanji: in sicer:

- Monitoring radioaktivnosti v življenjskem okolju v Republiki Sloveniji [5–9]
- Monitoring radioaktivnosti živil [10–12]
- Monitoring radioaktivnosti pitne vode [13]
- Monitoring radioaktivnosti živalske krme [14]

2.5 Izračuni specifičnih aktivnosti

Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih zraka podajamo v Bq/m^3 , v vzorcih tekočih in pitnih vod v Bq/m^3 , v vzorcih padavin na količino padavin v Bq/mm , v Bq/m^3 in preračunane na enoto prestrzne površine, v Bq/m^2 . V vzorcih zemlje podajamo specifične aktivnosti radionuklidov v Bq/kg in preračunane na enoto površine v Bq/m^2 . Specifične aktivnosti radionuklidov v vzorcih hrane (mleko, meso, sadje, zelenjava in močnati izdelki) podajamo v Bq/kg . Doze zunanega sevanja in efektivne doze za prebivalstvo podajamo v mSv oziroma μSv .

Za vsako vrsto vzorca smo v tem poročilu izračunali povprečno letno vrednost specifične aktivnosti in njeno negotovost, ki ju kasneje upoštevamo v izračunu doz

prebivalcev. Povprečno vrednost v tem poročilu izračunamo kot povprečje vseh poročanih izmerjenih vrednosti ali, če so aktivnosti prenizke, vrednosti meje detekcije za vsako specifično meritev. Negotovosti posameznih meritev so podane v tabelah v prilogi. K negotovosti izračunanega povprečja specifičnih aktivnosti vzorca prispevajo tako negotovosti posameznih meritev σ_{x_i} in standardna deviacija posameznih meritev od povprečne vrednosti σ_{stdev} , kot je prikazano v spodnjih enačbah.

$$\sigma_{stdev} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\bar{x} - x_i)^2}{n-1}} \quad (2.1)$$

$$\bar{\sigma} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{x_i}}{n}} \quad (2.2)$$

$$\sigma_{\bar{x}} = \sqrt{\sigma_{stdev}^2 + \bar{\sigma}^2} \quad (2.3)$$

kjer je $\sigma_{\bar{x}}$ negotovost povprečne vrednosti. To pomeni, da bo, na primer, pri izmerjenih vzorcih, ki imajo velik razpon vrednosti prevladovala negotovost zaradi velike standardne deviacije od povprečja, pri vzorcih s konstantnimi vrednostmi pa negotovost zaradi negotovosti posamičnih meritev. Zato se je v primeru velikih negotovosti za povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti vzorcev v tem poročilu potrebno zavedati, da te v večini primerov niso posledica merske negotovosti, ampak predvsem širokega razpona aktivnosti v posameznih vzorcih iste vrste.

V spodnji tabeli 2.2 so prikazane orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide za metodo visoko ločljivostne spektrometrije gama.

Tabela 2.2: Orientacijske vrednosti meje detekcije za različne vzorce in radionuklide

Vrsta vzorca	zemlja	voda	sediment	zrak
Količina vzorca	1 kg	0,02 m ³	1 kg	10000 m ³
Trajanje meritve	1 dan	1 dan	2 dni	1 dan
Spodnja meja detekcije				
Radionuklid	Bq/kg	Bq/m ³	Bq/kg	μBq/m ³
K-40	0,9	18	0,7	35
Co-60	0,1	4,1	0,8	54
I-131	0,089	3,2	0,7	43
Cs-134	0,096	3,6	0,8	51
Cs-137	0,1	3,8	0,8	54
Pb-210	1,1	13	0,7	26
Ra-228	0,5	7,0	0,4	14
Th-228	0,2	4,0	0,2	8,0
Ra-226	0,3	2,3	0,2	4,5
U-238	0,8	12	0,6	23
Am-241	0,15	3,5	1,0	51

Zrak

Vzorčenje in rezultati meritev
Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137
Sezonske variacije Cs-137
Dolgoročni trend aktivnosti Be-7
Sezonske variacije Be-7

Padavine

Vzorčenje in rezultati meritev
Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90
Specifična aktivnost H-3
Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

Tekoče vode

Vzorčenje in rezultati meritev
Dolgoročni trendi

Zemlja

Vzorčenje in rezultati meritev
Dolgoročni trendi

3 — Okoljski monitoring

3.1 Zrak

3.1.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Meritve so se kot v preteklih letih izvajale na lokacijah Ljubljana in Predmeja, namesto lokacije Jezersko pa od leta 2005 dalje poteka vzorčenje zraka na Jareninskem vrhu pri Mariboru. Od avgusta 2009 se vzorčenje v Ljubljani namesto na lokaciji Reaktorskega centra Podgorica izvaja na lokaciji IJS na Jamovi cesti. Lokacije so označene na zemljevidu na sliki 3.1.

Zrak se kontinuirano vzorči, analize sevalcev gama sestavljenih vzorcev pa se opravljajo mesečno. Rezultati so podani v prilogi A v tabelah A.1, A.2 in A.3.

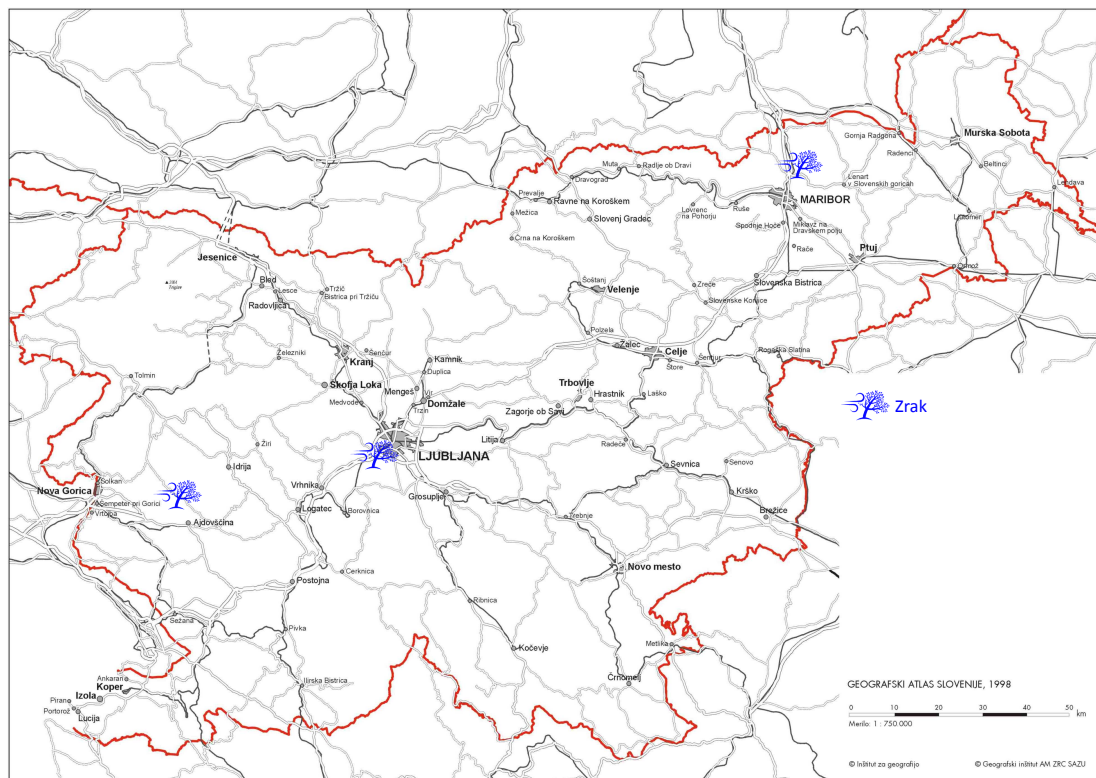
Celoletna letna povprečna vrednost specifične aktivnosti Cs-137 na lokaciji vzorčenja v Ljubljani je bila $1,8 \pm 0,5 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, na lokaciji vzorčenja na Jareninskem vrhu $1,4 \pm 0,6 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ in na lokaciji vzorčenja na Predmeji $1,4 \pm 0,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Povprečna vrednost koncentracije Cs-137 za področje cele Slovenije v letu 2013 je $1,5 \pm 0,7 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$.

Poleg naravnih radionuklidov je opaziti tudi kozmogeni Be-7. Povprečna letna vrednost specifične aktivnosti je bila na Jareninskem vrhu za Be-7 $2,9 \pm 1,4 \text{ mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,42 \pm 0,17 \text{ mBq}/\text{m}^3$, v Ljubljani za Be-7 $3,3 \pm 0,4 \text{ mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,68 \pm 0,08 \text{ mBq}/\text{m}^3$ in na Predmeji za Be-7 $2,4 \pm 1,0 \text{ mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,41 \pm 0,23 \text{ mBq}/\text{m}^3$. Povprečna vrednost koncentracije Be-7 za področje cele Slovenije v letu 2013 je $2,9 \pm 1,4 \text{ mBq}/\text{m}^3$ oziroma za Pb-210 $0,5 \pm 0,2 \text{ mBq}/\text{m}^3$.

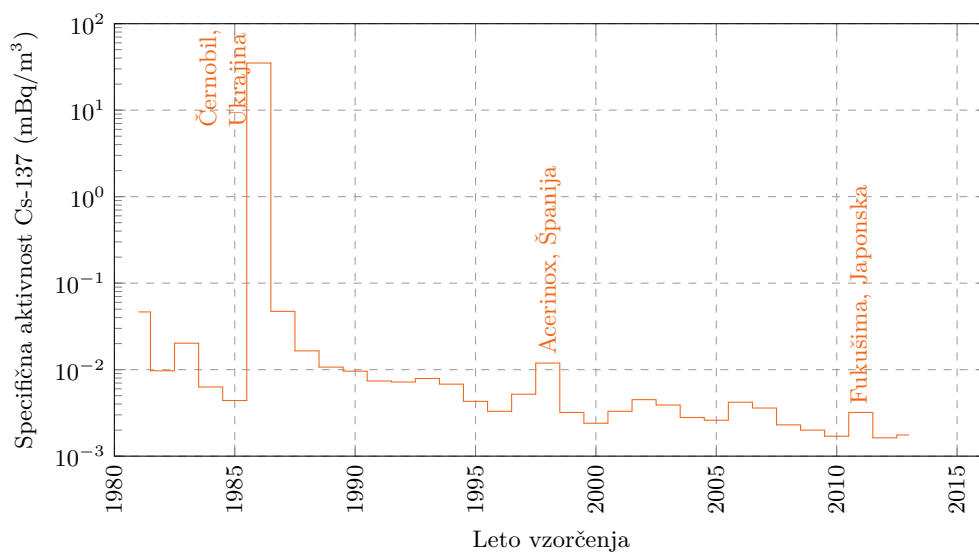
3.1.2 Dolgoročni trend aktivnosti Cs-137

Na spodnji sliki 3.2 so prikazane povprečne mesečne specifične aktivnosti za Cs-137 za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje.

Mesečne koncentracije Cs-137 po letu 1986, ko so bile najvišje zaradi černobilske nesreče padajo. Povprečne letne koncentracije Cs-137 v zraku v Ljubljani se po letu 2000 gibljejo v območju vrednosti $2 - 5 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Edino povišanje po černobilski nesreči je bilo vidno leta 1998, v času nezgode v jeklarni Acerinox v Španiji (Algeciras), kjer so stalili radioaktivni vir Cs-137, zaradi česar so bile izmerjene vrednosti okoli $10 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, ter prvih nekaj mesecev po nesreči v jedrski elektrarni v Fukušimi na Japonskem marca 2011. Zaradi velike oddaljenosti in posledične razredčitve vpliv nesreče v Sloveniji ni bil močno opazen, povišane vrednosti za velikostni red od siceršnjih vrednosti so bile



Slika 3.1: Lokacije vzorčenja vzorcev zraka.



Slika 3.2: Povprečne mesečne specifične aktivnosti Cs-137 v zraku na lokaciji Ljubljana za obdobje od leta 1986 dalje

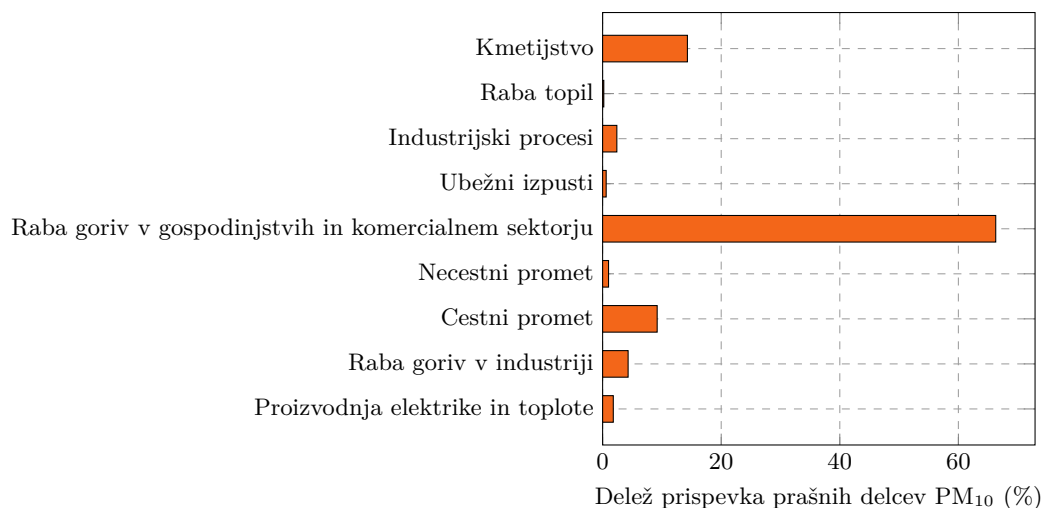
opazne le v prvih dveh mesecih po nesreči. Letno povprečje koncentracij Cs-137 v letu 2013 je na nivoju vrednosti letnih povprečij v preteklih letih (z izjemo 2011).

3.1.3 Sezonske variacije Cs-137

V dosedanjih poročilih o monitoringih prejšnjih let (republiški program ali okolica Nuklearne elektrarne Krško) [15, 16] smo privzeli hipotezo, da so izmerjene vrednosti Cs-137 na filterjih vzorčevalnih črpalk posledica resuspenzije Cs-137 iz zemlje. Nekatera tuja literatura navaja v letu 2013 rahlo povišane koncentracije Cs-137, ki so bile do tedaj pod mejami detekcije, kar pripisujejo povišani uporabi drv in lesne biomase (peleti, briketi), ki vsebujejo višje aktivnosti Cs-137 [17]. Ugotovljena je bila korelacija aktivnosti z nizkimi temperaturami in koncentracijo prašnih delcev PM_{10} (velikosti delcev z aerodinamičnim premerom pod $10\ \mu m$).

Na podlagi predpostavk in ugotovitev v članku [17] smo preverili, ali je takšen pojav viden tudi v Sloveniji, kjer bi lahko znaten vir Cs-137 v zraku prispevala ravno uporaba biomase. Novo hipotezo o izvoru Cs-137 smo preverili na izmerjenih podatkih, in sicer na povprečnih vrednostih na lokaciji v Ljubljani.

Iz meritev prašnih delcev PM_{10} tipično ugotovimo, da so koncentracije povišane predvsem v hladnejših mesecih [18]. Na podlagi rednih meritev Agencija RS za okolje spremlja različne kazalce okolja v Sloveniji, kjer so lahko identificirali različne vire delcev PM_{10} [19]. Deleži posameznih prispevkov so prikazani na sliki 3.3.

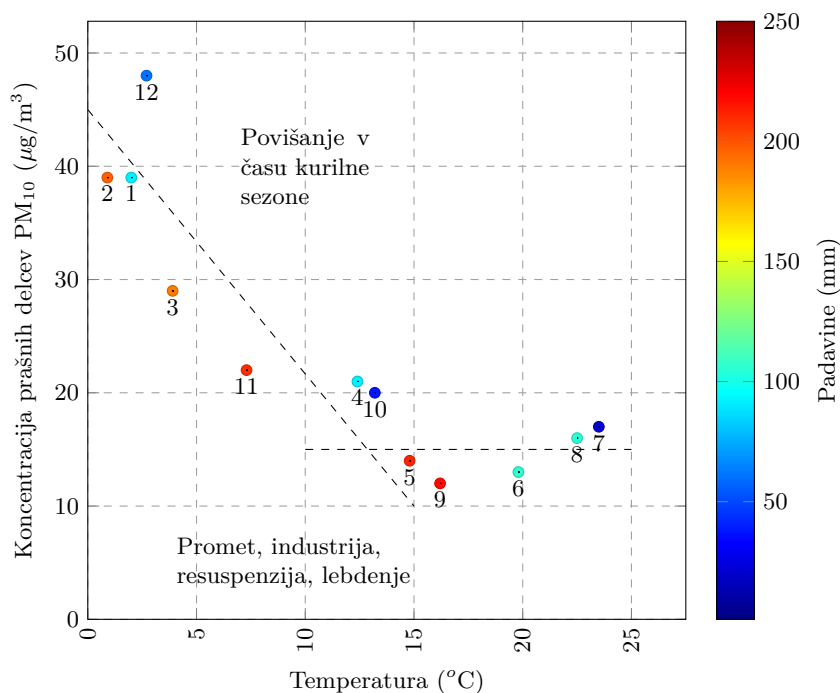


Slika 3.3: Različni viri prašnih delcev PM_{10} (za leto 2011).

Kot je razvidno iz slike 3.3 k onesnaženju z delci največ prispevajo individualna kurišča (drva, briketi, peleti), deloma in v precej manjši meri pa tudi promet, industrija in ponovni dvig ter lebdenje delcev v ozračju. To je tudi razvidno na sliki 3.4, kjer primerjamo koncentracije prašnih delcev PM_{10} in povprečne mesečne temperature. Tako je med kurilno sezono lepo viden dvig koncentracij PM_{10} , v toplih mesecih izven kurilne sezone so koncentracije dokaj stalne zaradi ostalih omenjenih virov PM_{10} . Velik vpliv na koncentracijo delcev imajo vremenske razmere (izpiranje zaradi dežja) in, ker so koncentracije lahko zmanjšane zaradi padavin, tako v grafu na sliki 3.4 dodatna barvna oznaka odraža količino padavin v posameznem mesecu.

Na sliki 3.5 smo primerjali odvisnost izmerjenih aktivnosti nekaterih radionuklidov v zraku (Cs-137, Th-228, Pb-210) od povprečnih mesečnih temperatur oziroma koncentracij prašnih delcev.

Predvsem za Cs-137 lahko ugotovimo močno korelacijo s koncentracijami prašnih delcev oziroma močno antikorelacijo s temperaturo (kot indikator za kurilno sezono).



Slika 3.4: Temperaturna korelacija prašnih delcev PM_{10} med kurilno sezono (oznake ob merskih točkah predstavljajo mesec meritve) na lokaciji v Ljubljani (za leto 2013). Barvna oznaka predstavlja količino padavin.

Korelacija je precej manj izrazita za naravni radionuklid Pb-210 ali pa le-ta sploh ni prisotna za izotop Th-228. Iz zgornjih ugotovitev izhaja, da je v hladnih mesecih povišana uporaba lesnih kuriv, ki zaradi vsebnosti Cs-137 povišajo vrednosti v ozračju. To potrjujejo tudi meritve, kjer so aktivnosti Cs-137 izmerjene v hladnejših mesecih lahko tudi za velikostni red višje od vrednosti v toplejših mesecih, na nekaterih merilnih postajah pa so te velikokrat celo pod mejo detekcije. V literaturi je moč najti ugotovitve, da zaradi prenosnih mehanizmov prihaja do akumulacije Cs-137 v drevesih, posebej so povišane vrednosti v lubju [20–23].

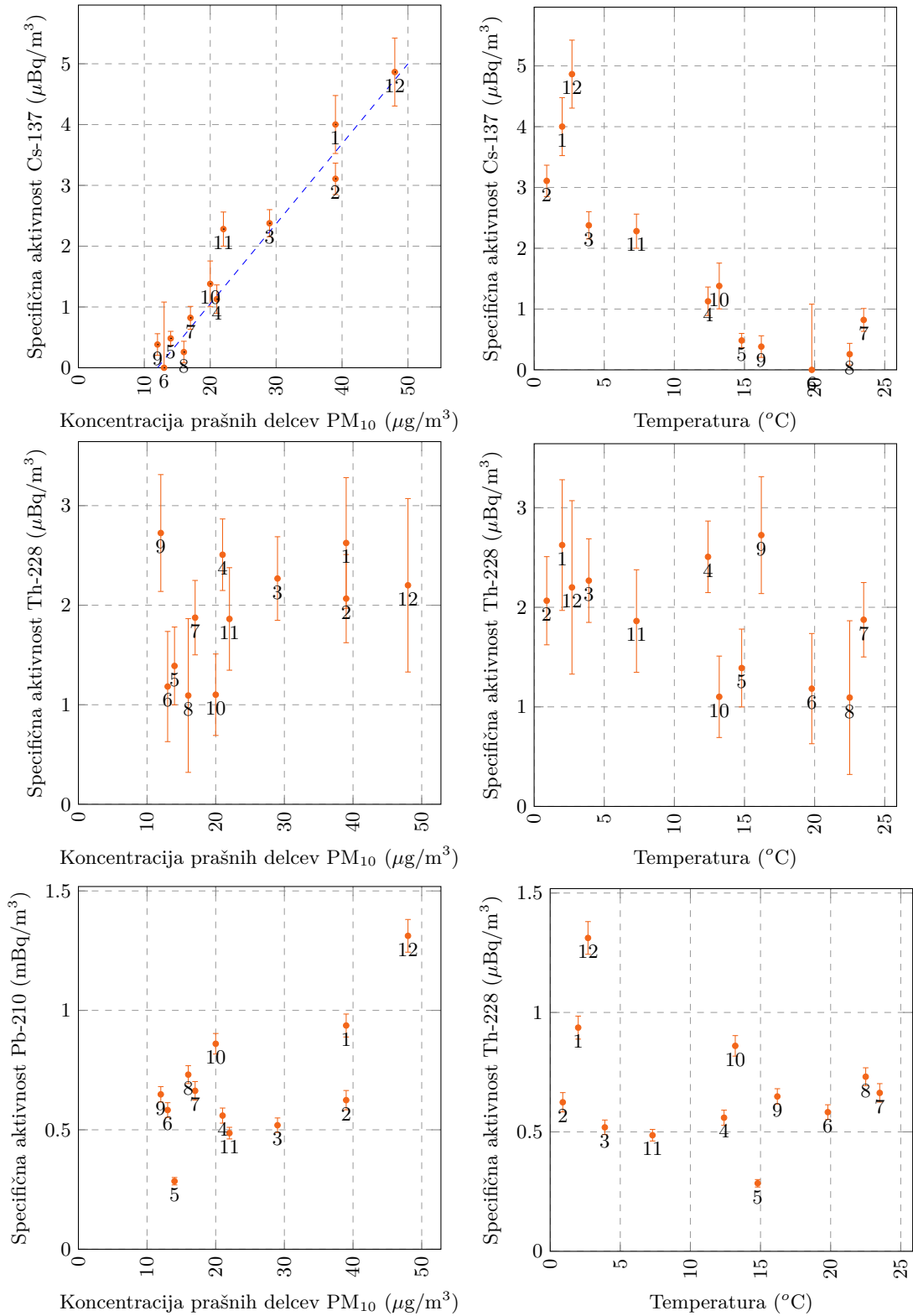
Iz tega lahko zaključimo, da je prispevek k specifični aktivnosti Cs-137 v zraku v hladnih mesecih v veliki meri posledica uporabe trdih goriv (predvsem lesa, briketov in peletov). V toplih mesecih pa je prispevek manj izrazit in je najverjetneje posledica več faktorjev, v prvi meri zaradi resuspenzije iz tal in lebdenja delcev v ozračju ter v manjši meri zaradi prometa in industrije.

3.1.4 Dolgoročni trend aktivnosti Be-7

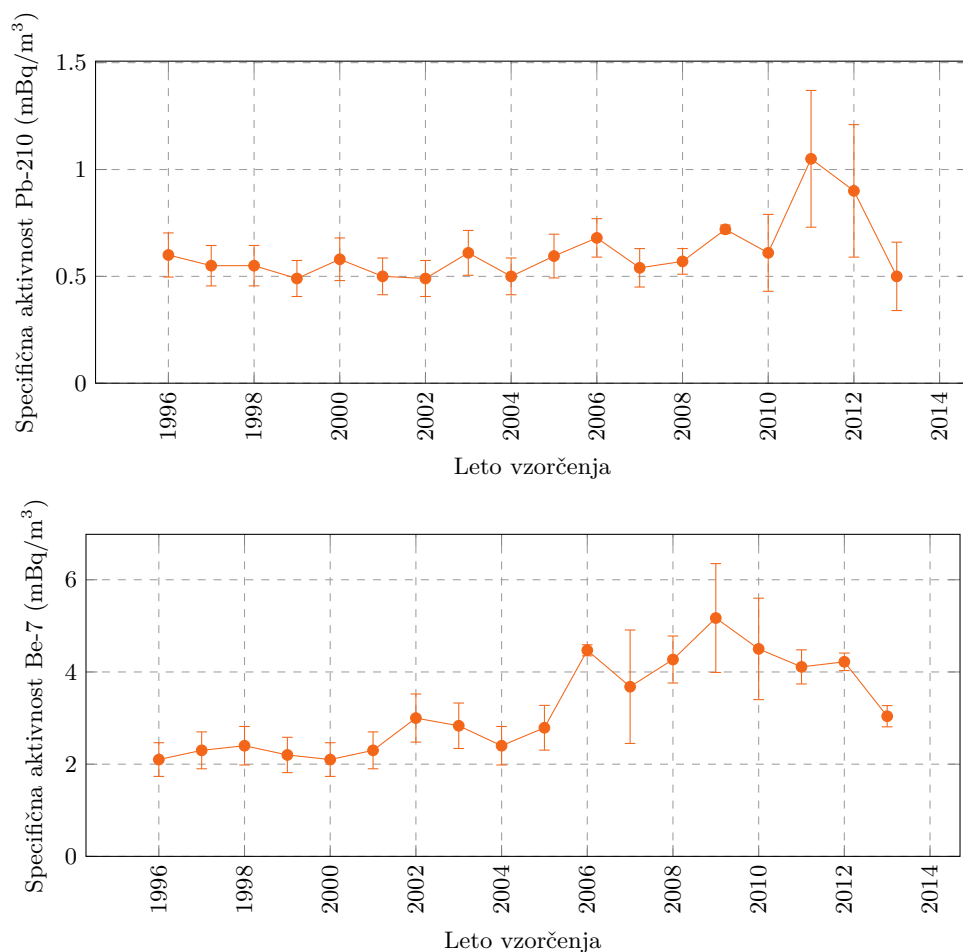
Na spodnji sliki 3.6 so prikazane povprečne celoletne vrednosti specifičnih aktivnosti v zraku iz vseh treh lokacij vzorčenja za Pb-210 in kozmogeni Be-7 za obdobje od dalje 1996 dalje.

Iz slike 3.6 je razvidno, da je specifična aktivnost Pb-210 skozi celotno obdobje dokaj konstantna in variira okrog povprečne vrednosti $0,6 \text{ mBq/m}^3$. Vrednosti specifičnih aktivnosti Be-7 se gibajo med $2,1\text{--}5,1 \text{ mBq/m}^3$. V letih 2006–2011 so izmerjene vrednosti Be-7 v zraku za slabo polovico višje kot v prejšnjih letih (do 2005), dodatno je opazen rahel vrh okrog leta 2002.

Podoben trend je možno opaziti tudi pri vrednostih Be-7 v vzorcih padavin (prikazane



Slika 3.5: Sezonske korelacije med aktivnostjo Cs-137, Th-228 in Pb-210 v zraku in koncentracijo prašnih delcev PM₁₀ oziroma temperaturo na lokaciji Ljubljana.



Slika 3.6: Povprečne celoletne specifične aktivnosti Pb-210 in Be-7 v zraku za obdobje od leta 1996 dalje za Slovenijo (povprečje vseh treh lokacij vzorčenja)

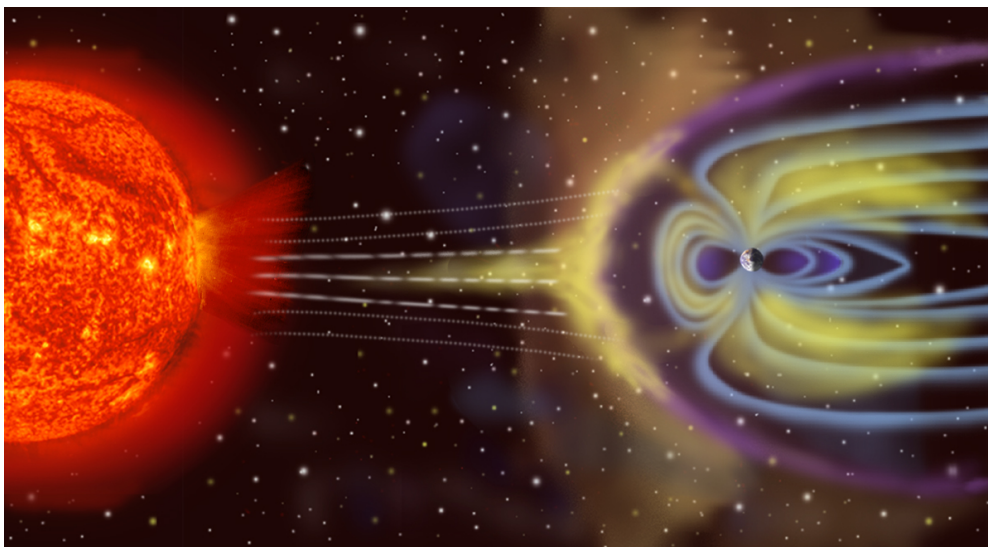
na sliki 3.19), kjer je tudi opazno povišanje koncentracij v letih 2006-2011 v primerjavi s preteklimi leti. Potrebno pa se je zavedati, da je vsebnost Be-7 v padavinah v kratkih vzorčevalnih obdobjih (npr. mesečnih) antikorelirana z vsebnostjo Be-7 v zraku, v letnih povprečjih pa so koncentracije korelirane.

Variacije glede na leta opazovanja v koncentracijah Be-7 bi lahko pojasnili s t.i. sončevim ciklusom, razlago pa podajamo v nadaljevanju.

Kozmogeni Be-7 nastaja kot fragmentacijski produkt jeder O in N pri trkih z bodisi visoko energijskimi galaktičnimi kozmičnimi žarki bodisi nizko energijskimi delci solarnega vetra v zemeljski atmosferi, pri čemer je prispevek slednjih precej manjši.

Solarni veter je sestavljen iz protonov in elektronov pospešenih v sončevi koroni ali ob solarnih izbruhih. Večinoma so energije teh delcev prenizke, da bi prispeli v zemljino atmosfero, saj se zaradi Zemljinega magnetnega polja uklanjajo (prikazano na sliki 3.7). Njihov sicer majhen vpliv je možen le na magnetnih polih, kjer je usmerjenost magnetnih silnic taka, da delci solarnega vetra lahko prodrejo do nižjih nadmorskih višin.

Solarni veter gledano v celotnem našem osončju pomeni tudi kontinuiran tok plazme (protoni in elektroni), območje vpliva te plazme pa imenujemo heliosfera in sega onkraj Plutonove orbite. Ker je plazma električno prevodna, prenaša del Sončevega magnetnega polja. Na ta način ima solarni veter močan vpliv na galaktične kozmične žarke. Galaktični



Slika 3.7: S površine Sonca izhaja t.i. solarni veter, ki praktično ne more prodreti v zemljino atmosfero (shematski prikaz).

kozmični žarki prihajajo tipično izven našega osončja iz medzvezdnega prostora naše galaksije. To so visoko energijski nabiti delci – protoni, elektroni in popolnoma ionizirana jedra lahkinih elementov. Ko se galaktični kozmični žarki približajo našemu osončju, v heliosferi lahko izgubijo precejšen del svoje energije in posledično v manjši meri prodrejo v Zemljino atmosfero (slika 3.8). V tem primeru je verjetnost nastajanja kozmogenega Be-7 zmanjšana.

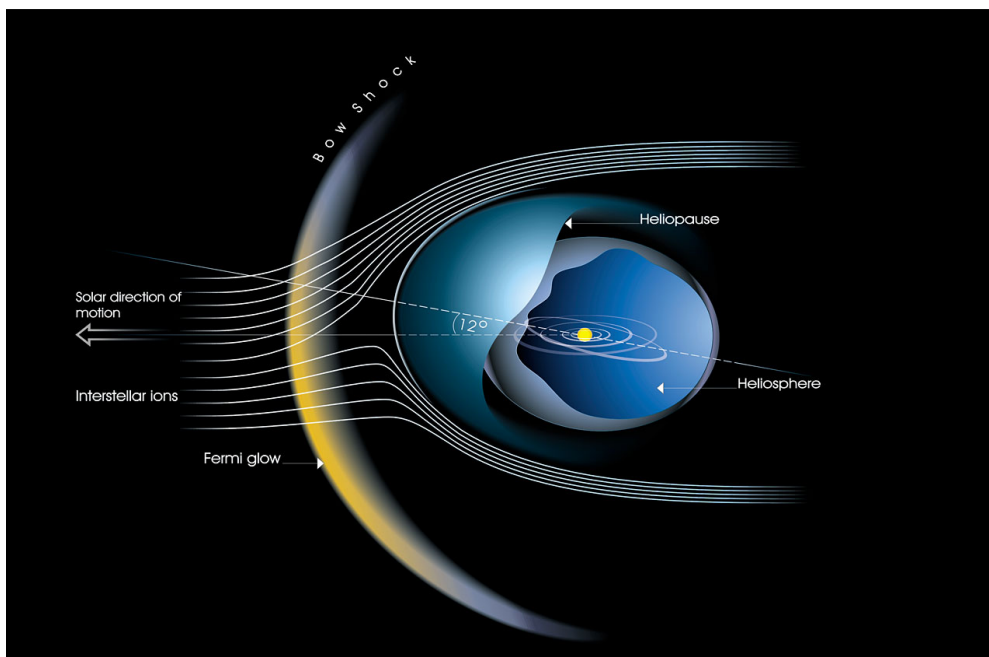
Sončeva aktivnost ima svoj tipični 11-letni cikel [24]. Odraž aktivnosti je viden kot povečanje ali zmanjšanje števila sončevih peg (slika 3.9). V času solarnega maksimuma je število peg večje, v času minimuma pa manjše. Med sončevim maksimumom je tudi solarni veter močnejši, kar posledično preko močnejše heliosfere pomeni zmanjšan vpliv galaktičnih kozmičnih žarkov na Zemljino atmosfero. Časovna odvisnost sončeve aktivnosti je prikazana na spodnji sliki 3.10.

Če primerjamo izmerjene specifične aktivnosti Be-7 v zraku (slika 3.6) in sončevo aktivnost (slika 3.10) ugotovimo močno antikorelacijo, ki je prikazana na sliki 3.11. V času sončevega minimuma (od 2006 do 2010) je zaradi večjega fluksa galaktičnih kozmičnih žarkov narasla specifična aktivnost Be-7, v času sončevega maksimuma (od 1999 do 2003) pa so specifične aktivnosti Be-7 v zraku nizke, z izjemo lokalnega sončevega minimuma v letu 2001-2002, ki se prav tako odraža v lokalnem maksimumu izmerjene specifične aktivnosti Be-7 v zraku v letu 2002. Z letom 2011 se začne nov sončev maksimum, zato so pričakovano koncentracije Be-7 v zraku nižje, predvidevamo, da bi v prihodnjih letih morale še dodatno pasti.

3.1.5 Sezonske variacije Be-7

Dodatno smo analizirali tudi sezonske variacije specifičnih aktivnosti Be-7 v letu 2013, ki so prikazane na sliki 3.12. Kozmogeni radionuklid Be-7 nastaja v jedrskih reakcijah fragmentacije ob interakcijah s galaktičnimi kozmičnimi žarki v zemeljski atmosferi [25]. Večina Be-7 nastane v spodnji stratosferi in nato počasi prehaja navzdol do nadmorskih višin zemeljskega površja.

Sezonske variacije koncentracij Be-7 v zraku so povezane z vsaj štirimi faktorji [25–27]:



Slika 3.8: V času večje sončeve aktivnosti heliosfera zmanjšuje fluks galaktičnih kozmičnih žarkov do zemljine atmosfere.

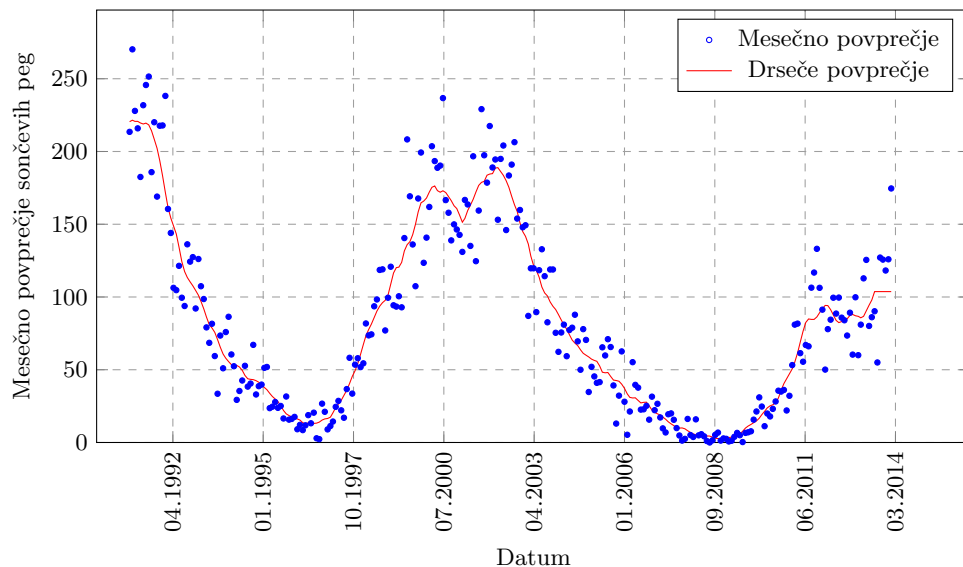


Slika 3.9: Sončeve pege so merilo za sončevo aktivnost in solarni veter.

- hitrost prehajanja zračnih mas med stratosfero (višine do 50-60 km) in troposfero (višine do 8-15 km)
- vertikalno mešanje zračnih mas v troposferi
- prehajanje zračnih mas iz srednjih do visokih nadmorskih višin v troposferi in
- izpiranje atmosferskih aerosolov iz zraka preko padavin.

Izpiranje Be-7 s pomočjo padavin je dobro vidno na sliki 3.12, kjer so prikazane mesečne vrednosti aktivnosti Be-7 v zraku, dodatno pa za primerjavo še količina padavin v Ljubljani. Lepo je tudi vidna korelacija med količino padavin in mesečnim usedom Be-7 v padavinah 3.13.

Pri mesečnem usedu pa ni pomembna samo količina padavin, ampak tudi način izpiranja, npr. kratke močne plohe ali dolgotrajne minimalne padavine. Smiselno je torej



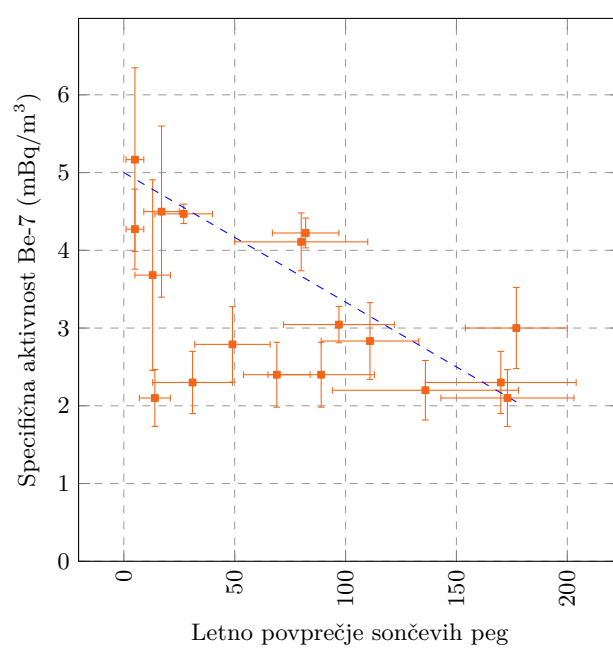
Slika 3.10: Povprečno mesečno število sončevih peg – neprekinjena črta predstavlja drseče povprečje.

poleg količine padavin upoštevati še število dni z zadostnimi padavinami, saj pri dnevnih padavinah < 1 mm izpiranje ni nujno dovolj učinkovito. Zato so na sliki 3.13 prikazane korelacije tudi s takšnimi podatki – število dni s padavinami nad določeno količino.

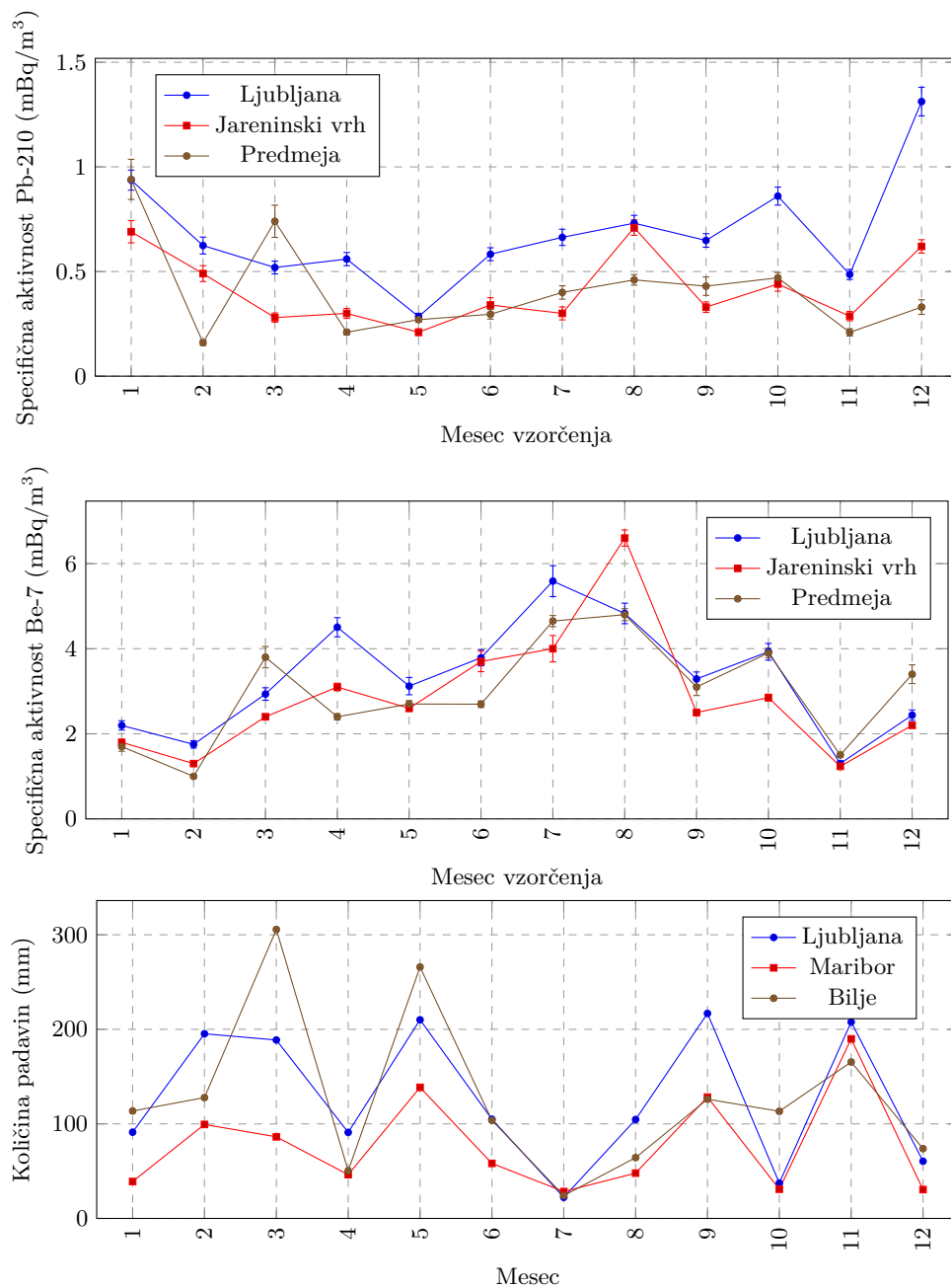
Poleg izpiranja s padavinami, pa so sezonske variacije v obdobjih, kjer ni zaznanih velikih sprememb v količinah padavin – predvsem hladnejši meseci –, nedvomno povezane s premiki atmosferskih zračnih mas.

Na sliki 3.12 podrobneje analiziramo sezonske variacije, kjer poleg Be-7 analiziramo tudi koncentracije Pb-210. Oba radionuklida sta v literaturi uporabljena kot dobra sledilca atmosferskih gibanj zraka, Pb-210 za aerosole v nizkih višinah atmosfere (saj izhaja iz tal), Be-7 pa za aerosole na visokih nadmorskih višinah (nastaja pri interakcijah z galaktičnimi kozmičnimi žarki). V Sloveniji so koncentracije Pb-210 v zraku višje v zimskih mesecih, predvsem ob nizki vlažnosti, posledično manjših padavinah in majhnim usedom. Ob deževnih mesecih (tipično spomladi in jeseni) se koncentracije Pb-210 v zraku zmanjšajo. Koncentracija Be-7 v zraku najbolj naraste v poletnih mesecih, kjer najverjetneje poletni azorski anticiklon poskrbi za pretakanje zračnih mas iz višjih plasti troposfere oziroma stratosfere v nižje. Na ta način pride do povečanja koncentracij Be-7 na nadmorskih višinah ob zemeljskem površju.

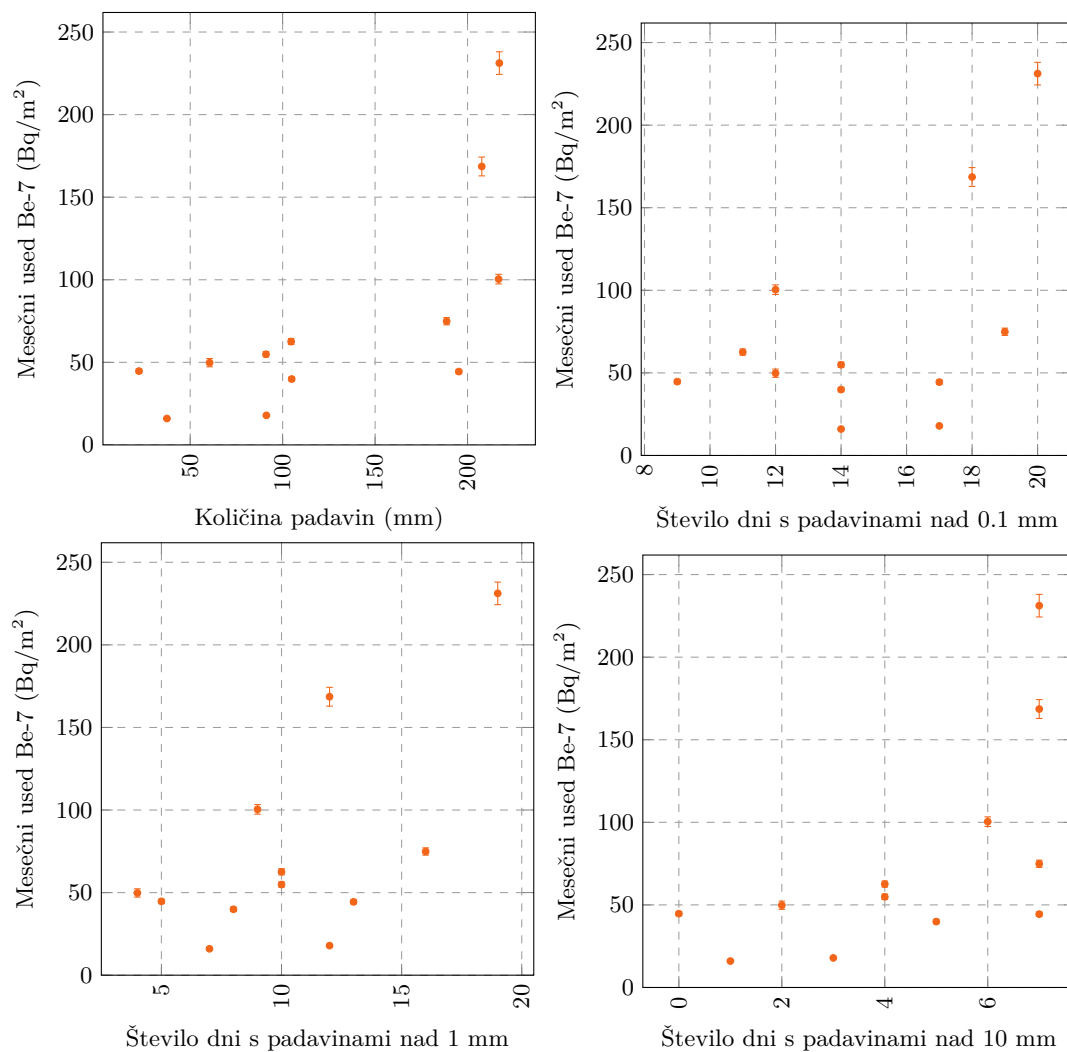
Oba opisana pojava za koncentracije Pb-210 in Be-7 pomenita dvojno korelacijsko funkcijo za zimske in poletne mesece, ki sta lepo opazni na lokacijah Ljubljana in Jareninski vrh na sliki 3.14. Lokacija v Predmeji je izpostavljena stalnim vetrovom, zato je ta dvojna korelacija najmanj opazna.



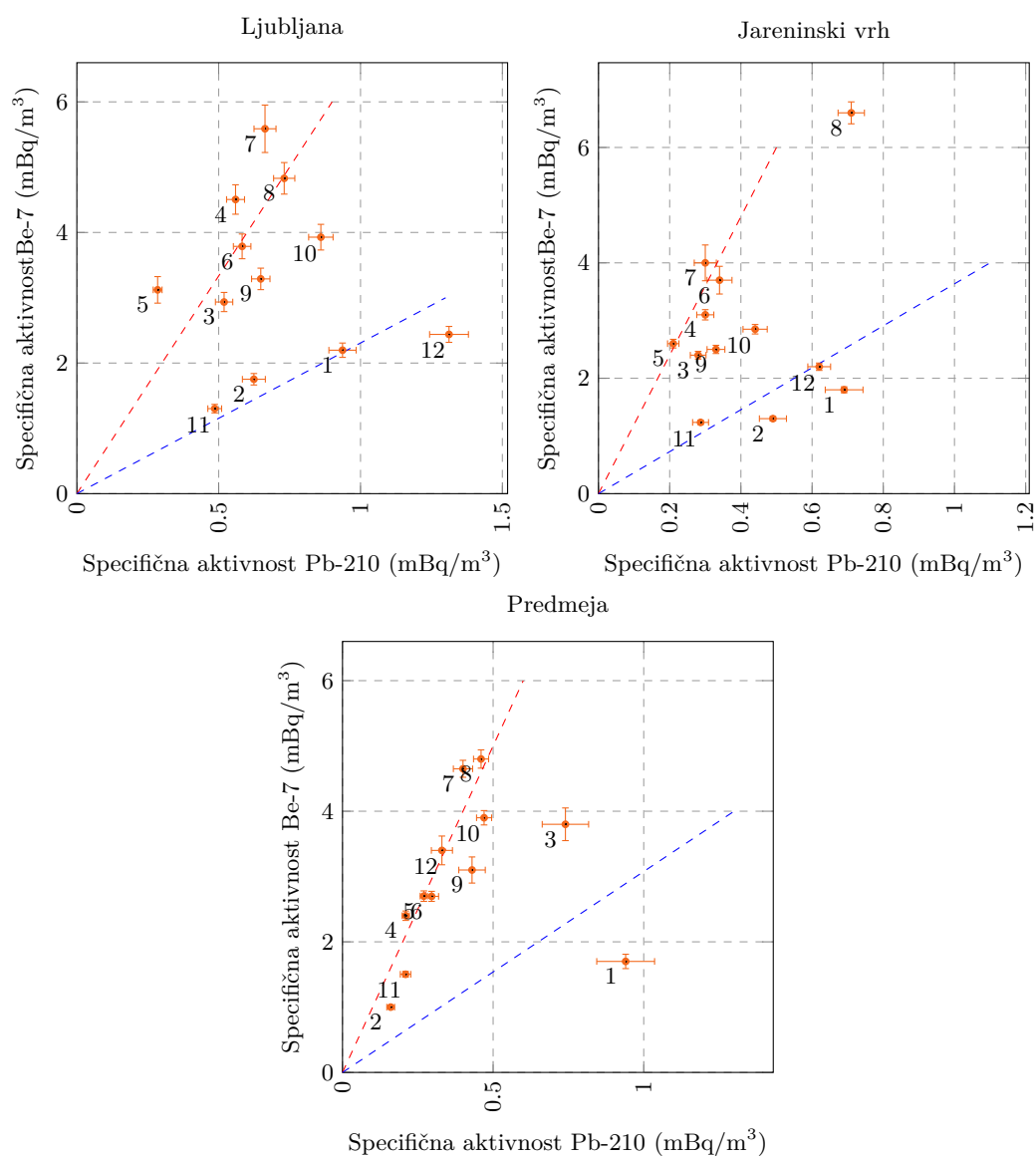
Slika 3.11: Antikorelacija sončevega cikla s koncentracijami Be-7 v zraku.



Slika 3.12: Sezonska variacija koncentracij atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku in padavin na bližnjih lokacijah.



Slika 3.13: Korelacija izmerjenega mesečnega useda Be-7 v padavinah v Ljubljani in količino padavin oziroma številom deževnih dni (za leto 2013).

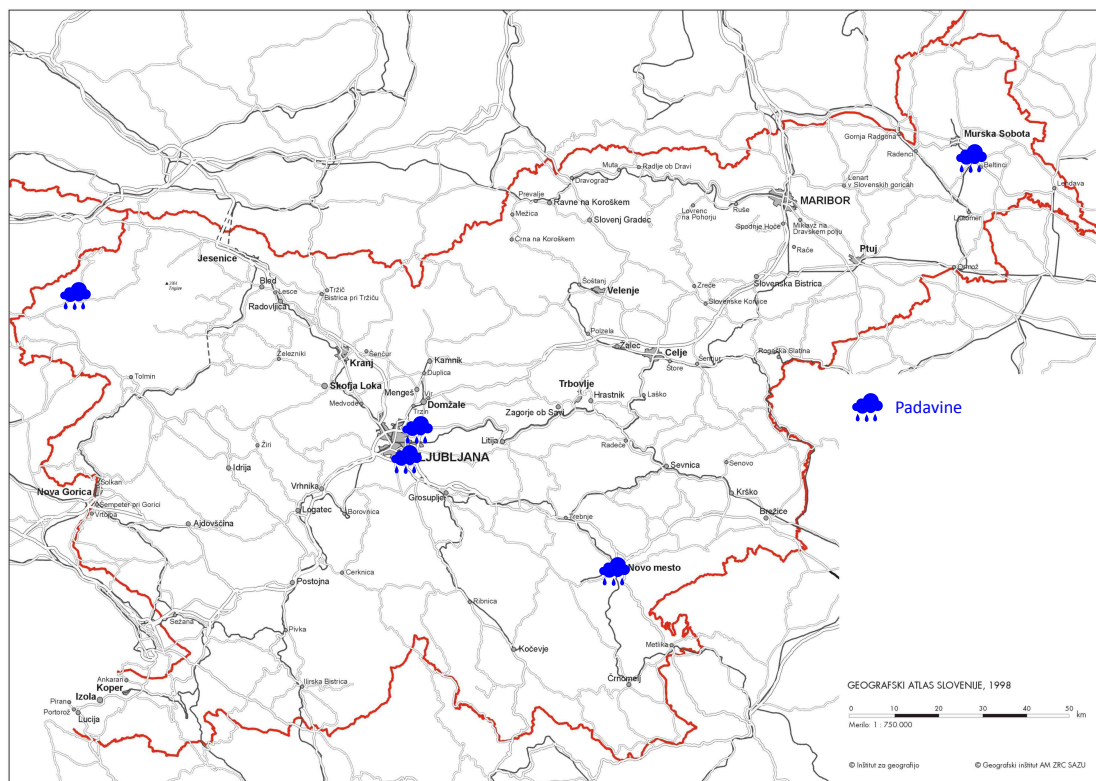


Slika 3.14: Zimske in poletne korelacije med izmerjenimi koncentracijami atmosferskega Pb-210 in Be-7 v zraku na različnih lokacijah v letu 2013 – številka ob meritvi pomeni mesec vzorčevanja.

3.2 Padavine

3.2.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Padavine smo vzorčili kontinuirano in merili enkrat mesečno v Ljubljani. V Murski Soboti, Bovcu in Novem mestu je bilo vzorčenje kontinuirano, meril se je trimesečni kompozitni vzorec.



Slika 3.15: Lokacije vzorčenja vzorcev padavin.

Rezultati meritev so zbrani v prilogi A v tabelah od A.4 do A.9.

Letna količina padavin v letu 2013 v Ljubljani je bila 1538 mm, v Bovcu 2670 mm, v Novem mestu 1259 mm in v Murski Soboti 916 mm. Poleg umetnih radionuklidov Cs-137, Sr-90 in H-3 smo določali tudi naravne radionuklide U-238, Ra-226, Pb-210, Th-228, Ra-228, K-40 ter kozmogeni Be-7.

Primerjava rezultatov z letom poprej kaže, da se koncentracije posameznih radionuklidov v padavinah niso bistveno spremenile. Prisotnosti naravnih radionuklidov ni smiselno komentirati, saj ne predstavljajo pravega atmosferskega useda.

Od umetnih radionuklidov sta dolgoročno opazna samo Cs-137 in Sr-90, vendar so specifične aktivnosti večkrat na meji detekcije, tako da so negotovosti pri meritvah precej velike. Najvišji letni used Cs-137 je bil izmerjen v Bovcu $2,9 \pm 0,3 \text{ Bq/m}^2$ in najmanjši v Novem mestu, kjer je znašal $0,28 \pm 0,03 \text{ Bq/m}^2$. Najvišji letni used Sr-90 je bil izmerjen v Murski Soboti $< 3,2 \text{ Bq/m}^2$, najnižji pa v Bovcu $< 1,2 \text{ Bq/m}^2$.

Od naravnih radionuklidov naj omenimo še skupne vrednosti kozmogenega Be-7, katerega rezultati znašajo od 425 Bq/m^2 v Novem mestu do 1085 Bq/m^2 v Bovcu.

3.2.2 Specifična aktivnost sevalcev gama in Sr-90

V tabeli 3.1 so prikazane povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine povprečene na vse lokacije vzorčenja za obdobje od leta 2000

Tabela 3.1: Povprečne letne vsote specifičnih aktivnosti Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij)

Leto	Radionuklid			Količina padavin (mm)
	Sr-90	Cs-137	Pb-210	
	Letni used (Bq/m ²)			
2000	0,77	2,7	36	1587
2001	0,37	1,9	29	1423
2002	0,35	2,2	60	1562
2003	0,36	3,0	145	1148
2004	0,49	2,2	133	1664
2005	1,92	1,5	153	1396
2006	0,33	0,8	98	1316
2007	0,40	1,9	97	946
2008	0,57 ± 0,10	1,3 ± 1,4	102 ± 37	1736
2009	0,61 ± 0,47	1,73 ± 0,90	171 ± 77	1686
2010	0,90 ± 1,00	2,56 ± 0,95	147 ± 85	1860 ± 1172
2011	0,528 ± 0,26	1,9 ± 1,9	115 ± 72	1161 ± 680
2012	1,81 ± 0,53	1,40 ± 1,06	128 ± 104	1503 ± 873
2013	1,7 ± 1,2	1,41 ± 1,22	117 ± 36	1596 ± 760

naprej. Dodane so tudi povprečne količine padavin na vseh merskih lokacijah za to obdobje. Na sliki 3.16 pa je prikazana časovna odvisnost letnega useda od leta 2000 dalje.

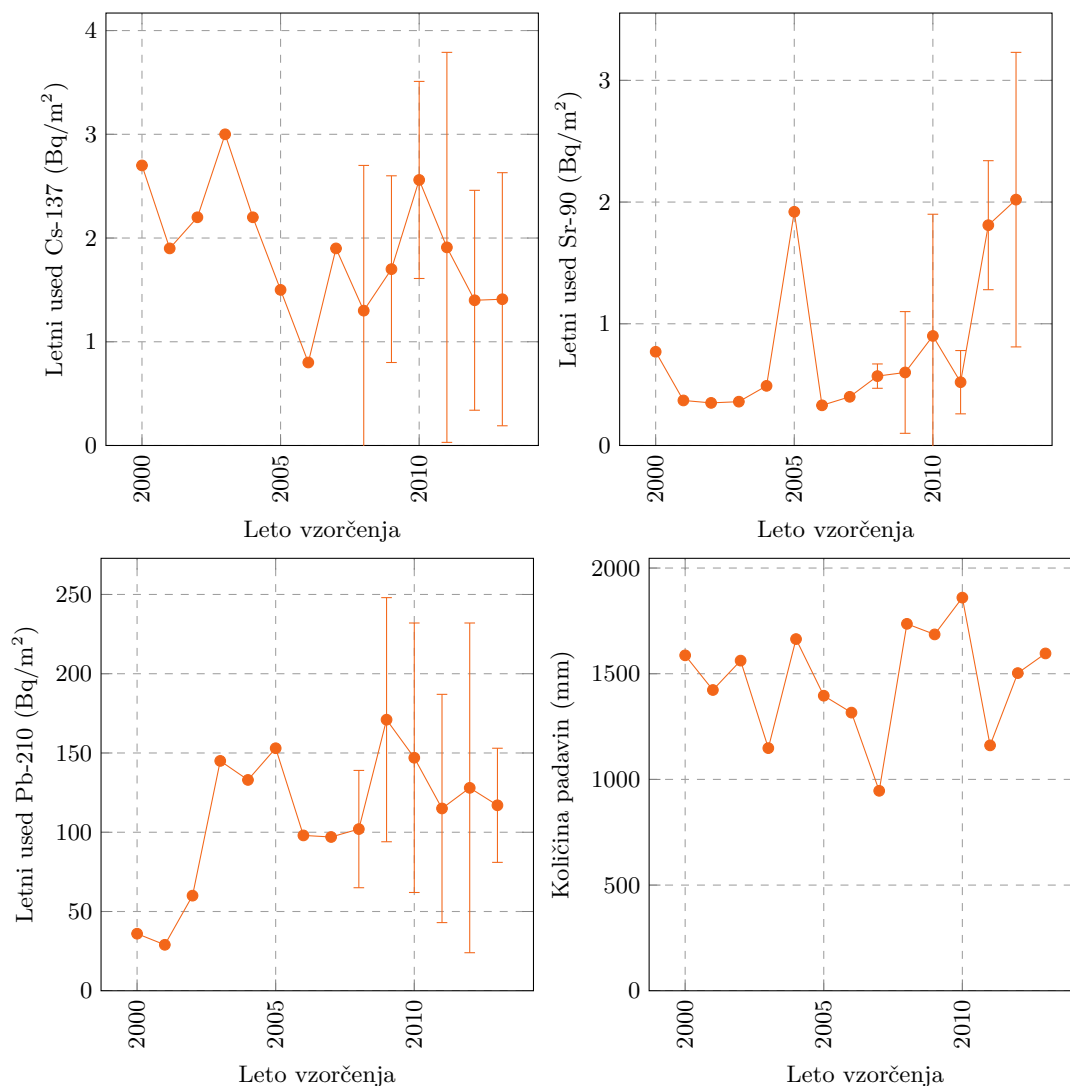
Iz rezultatov v tabeli 3.1 je razvidno, da vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 na enoto površine povprečene po lokacijah Slovenije variirajo z leti. Relativno visoka vrednost za Sr-90 v 2005 v Ljubljani je posledica ene same visoke vrednosti, izmerjene v marcu 2005 $41,0 \pm 0,2$ Bq/m³. Za leti 2012 in 2013 ugotavljamo, da je velika večina meritev aktivnosti Sr-90 pod mejo detekcije, in so vrednosti podane orientacijsko. Vendar pa, če primerjamo odvisnost letnega useda od letne količine padavin (prikazano na sliki 3.17), korelacija med njima ni zelo opazna. To najverjetneje pomeni, da ne glede na količino padavin, le-te izperejo praktično celotno aktivnost v zraku, zato na letni ravni ni zaznati velikih variacij. Je pa na sliki 3.17 opazna korelacija za izotopa Cs-137 in Pb-210.

Primerjava rezultatov za merjene radionuklide pokaže, da se koncentracije posameznih radionuklidov v padavinah niso bistveno spremenile v primerjavi s prejšnjimi leti. Dejstvo pa je, da so koncentracije pogosto blizu meje detekcije, tako da so tudi merske negotovosti relativno velike in prispevajo k vsakoletnim in medletnim sipanjem rezultatov.

Največja odstopanja v rezultatih po posameznih trimesečjih povzročajo zimski meseci, ki so lahko zelo suhi ali pa obilni s padavinami (glej tabele z rezultati meritev od A.4 do A.9 v prilogi A).

3.2.3 Specifična aktivnost H-3

Meritve specifične aktivnosti H-3 v vzorcih padavin smo opravili le v mesečnih vzorcih iz Ljubljane (meritve je izvajal IJS). Rezultati meritev so prikazani v prilogi. Koncentracije aktivnosti H-3 v deževnici v letu 2013 so pod dolgoletnim povprečjem. Vrednosti specifičnih aktivnosti H-3 v obdobju od leta 1990 dalje se gibajo v območju 700-2400 Bq/m³. Povprečna dolgoletna koncentracija H-3 znaša 1465 Bq/m³, v letu 2013 pa je znašala koncentracija H-3 867 ± 121 Bq/m³. Potrebno je omeniti, da so nekatere primerjave meritev koncentracij H-3 laboratorija v IJS in v Seibersdorfu, ki so opravljali nekatere



Slika 3.16: Povprečni letni used Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na enoto površine za obdobje od leta 2000 dalje (povprečje vseh lokacij po Sloveniji)

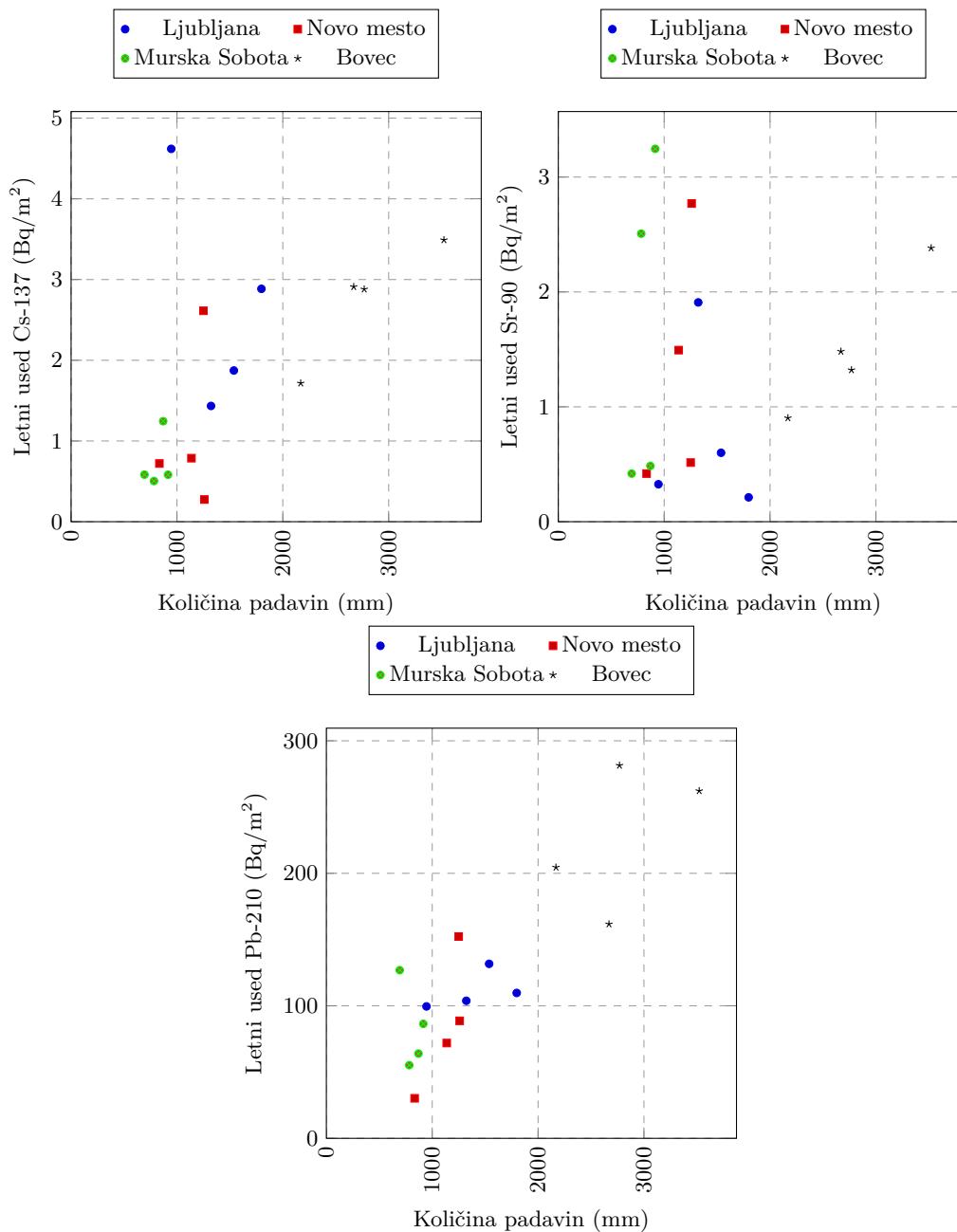
meritve v prejšnjih letih, pokazale odstopanje tudi za faktor 2 (IJS izmeri višje vrednosti). To je lahko tudi razlog, zakaj so vrednosti v zadnjih letih bistveno nižje od vrednosti prej, kjer je v prvem meritve izvajal IJS, v drugem pa Seibersdorf (občasno pa tudi IJS).

Na sliki 3.18 so prikazane vrednosti specifičnih aktivnosti H-3 v vzorcih padavin iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje.

3.2.4 Specifična aktivnost kozmogenega Be-7

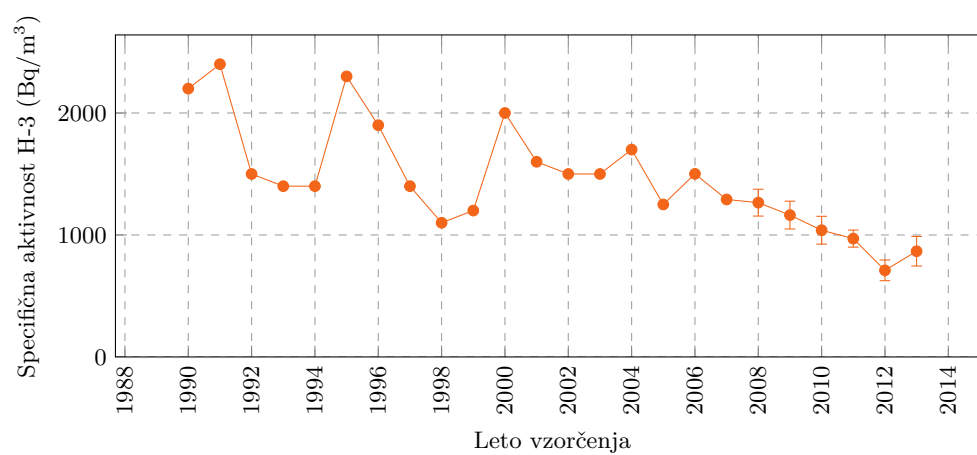
Na sliki 3.19 so predstavljene dolgoročne meritve vsebnosti kozmogenega Be-7 v padavinah iz Ljubljane. Posebej podajamo skupni letni used (Bq/m²) in povprečni mesečni used (Bq/m²) ter za orientacijo še količino padavin.

Posebej so v grafih označene starejše vrednosti v letih do 2000 in v letu 2002, kjer so koncentracije useda Be-7 izračunane na podlagi specifične aktivnosti zbranega vzorca padavin na enoto mase. V obdobju enomesečnega zbiranja padavin lahko del vzorca tudi izpari, kar pomeni, da so vrednosti navedene v grafih lahko celo za faktor 1-2 previsoke.

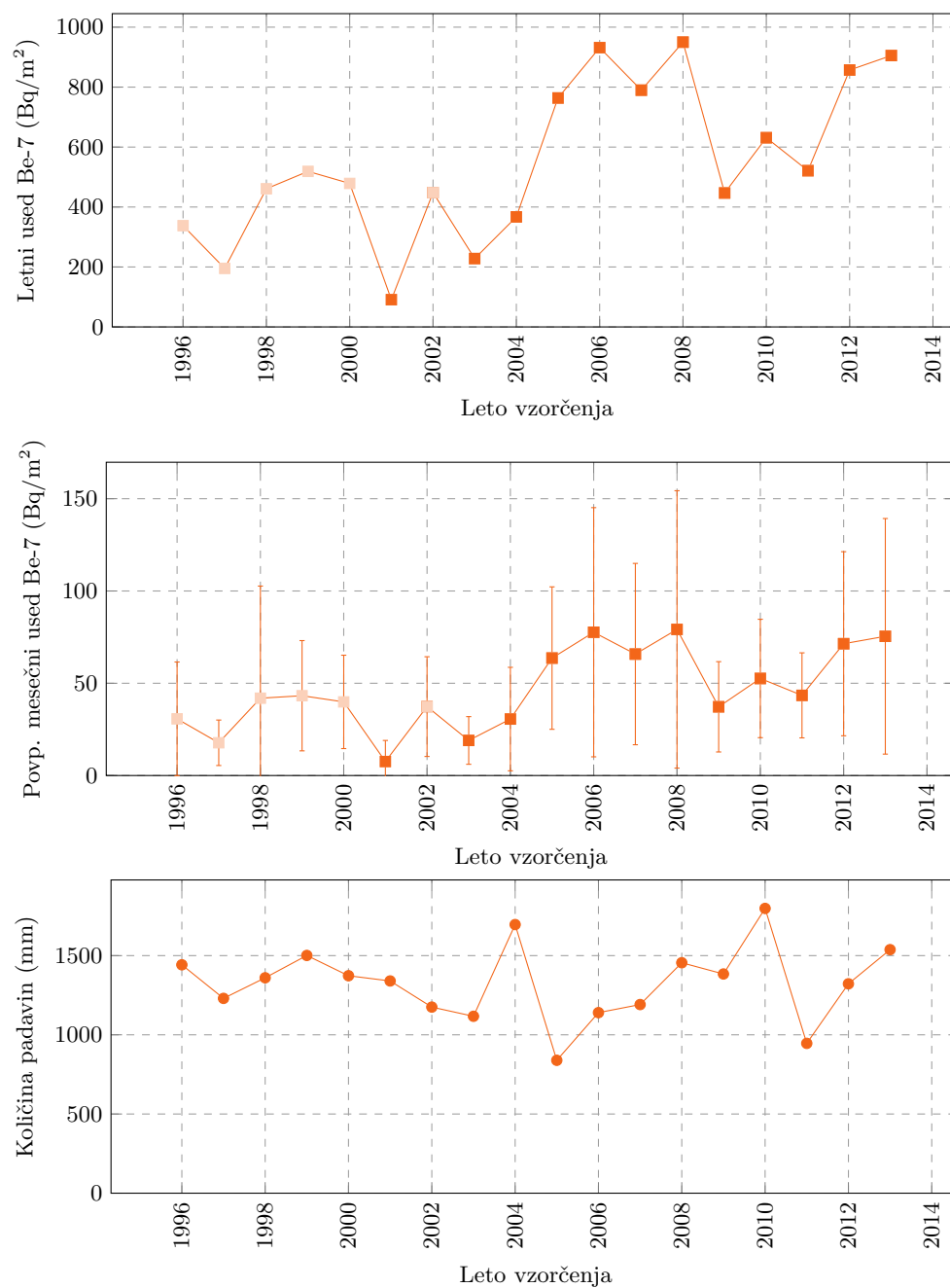


Slika 3.17: Korelacija količine padavin s povprečnim letnim usedom Cs-137, Sr-90 in Pb-210 na različnih lokacijah po Sloveniji.

V letih okrog 2007 so opazne višje koncentracije Be-7 glede na prejšnja leta, in sicer približno za polovico. Podobno kot za vzorce zraka, lahko takšno povečanje pojasnimo s sončevim ciklusom, ki je podrobno opisan že v podpoglavju 4.2.1.



Slika 3.18: Specifične aktivnosti H-3 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1990 dalje

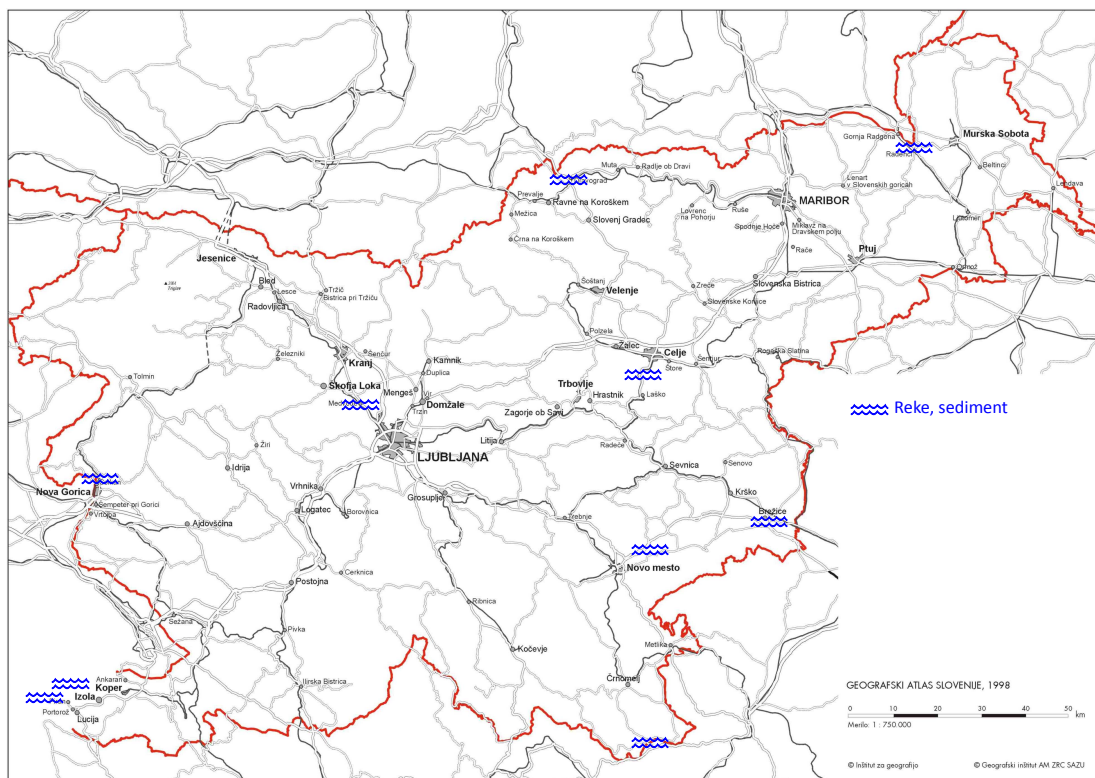


Slika 3.19: Specifične aktivnosti Be-7 v padavinah iz Ljubljane za obdobje od leta 1996 dalje

3.3 Tekoče vode

3.3.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Meritve tekočih voda so bile opravljene v dveh enkratnih vzorcih rek Save v Ljubljani in Brežicah, Drave pri Dravogradu, Mure pri Petanjcih, Savinje pod Celjem, Krke pri Otočcu, Soče pri Solkanu in Kolpe pri Vinici ter morja in sedimenta v Piranu. V vzorcih rek Save, Drave in Mure so bile opravljene meritve specifične aktivnosti H-3. V rekah Muri in Dravi so se opravljale trimesečne enkratne meritve specifične aktivnosti I-131.



Slika 3.20: Lokacije vzorčenja vzorcev tekočih voda.

Rezultati so prikazani v prilogi A v tabelah od A.10 do A.17.

V vzorcih rek smo merili umetne radionuklide Cs-137, Sr-90 in H-3, ki so produkt človekovih dejavnosti, ter I-131, ki se uporablja v terapevtske namene v bolnišnicah v Sloveniji in v Avstriji. Določali smo tudi specifične aktivnosti naravnih radionuklidov uranove in torijeve vrste ter K-40 in Be-7. Najvišje izmerjene koncentracije in povprečne vrednosti so predstavljene v spodnji tabeli 3.2.

Iz tabele meritev A.11 vidimo, da je koncentracija K-40 v Savinji pri Celju za približno en velikostni red višja kot na drugih mestih. Utemeljene razlage za to ni, lahko je posledica uporabe surovin v industriji ali pa izdelkov v poljedelstvu, ki vsebujejo večje količine kalija. Predlagamo, da se v Celjski kotlini testno izmeri tudi koncentracije K-40 v zemlji, iz česar bi lahko potem sklepali glede povečanja v Savinji.

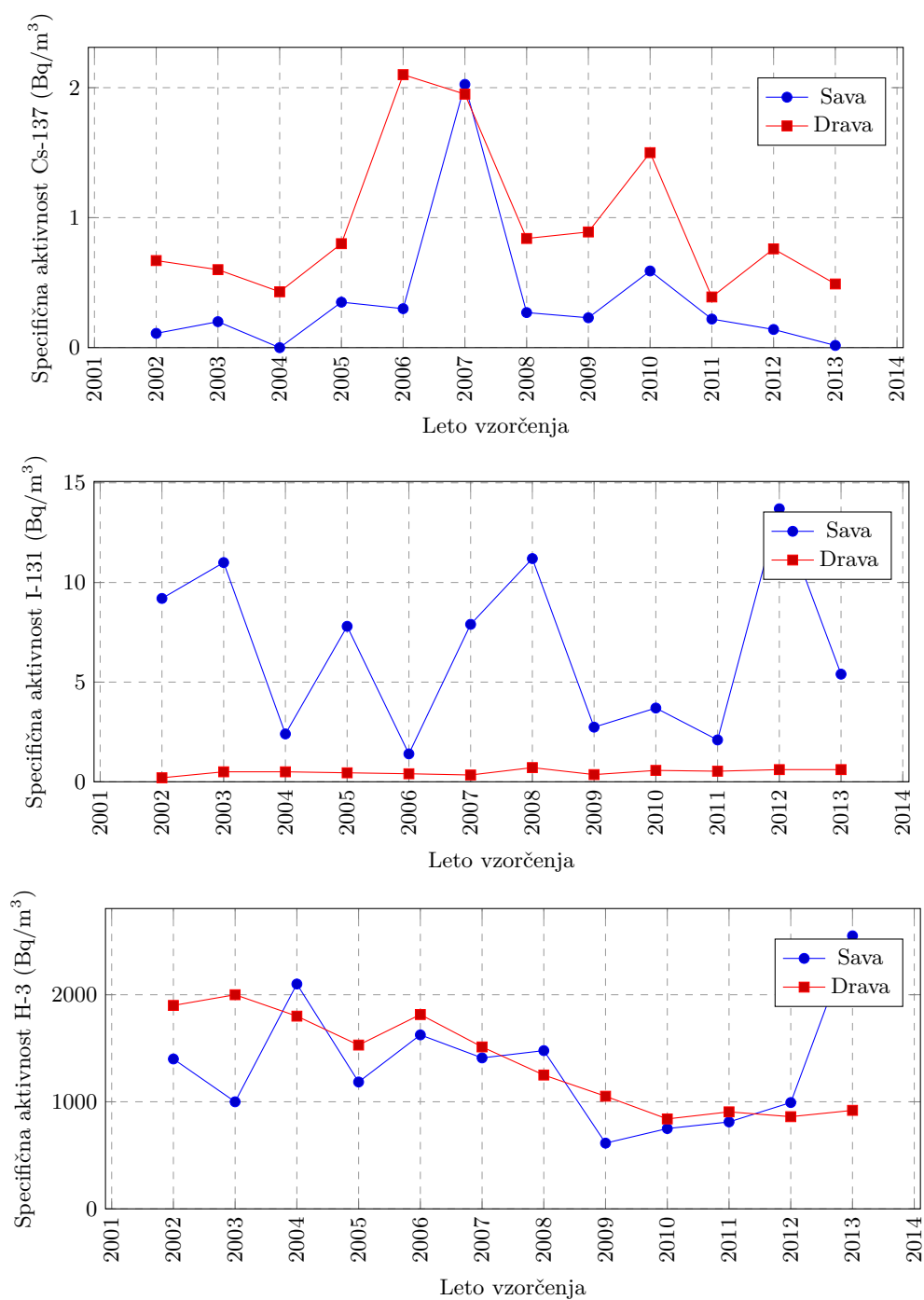
3.3.2 Dolgoročni trendi

Na sliki 3.21 so prikazane povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v rekah Savi (povprečje lokacije pri Ljubljani in Brežicah) in Dravi v Dravogradu za obdobje od leta 2002 dalje. V letu 2007 opazimo navidezno višjo vrednost koncentracij Cs-137 v reki Savi, vendar lahko ugotovimo, da je bila koncentracija pod mejo detekcije,

Tabela 3.2: Najvišje izmerjene, A_{max} , in povprečne koncentracije, $\bar{A}$, radionuklidov v vzorcih tekočih vod

Radionuklid	A_{max} (Bq/m ³)	Lokacija	$\bar{A}$ (Bq/m ³)
Cs-137	0,7	Drava	$0,1 \pm 0,2$
Sr-90	3,0	Sava – Ljubljana	$1,6 \pm 1,2$
I-131	8,2	Sava – Brežice	$1,4 \pm 1,8$
H-3	8400	Sava – Brežice	2010 ± 220
Pb-210	7,4	Mura	$1,9 \pm 0,6$
K-40	201	Savinja	42 ± 54
Be-7	20,6	Kolpa	$5,8 \pm 2,8$

ki je bila v tem primeru višja za to specifično meritev. Enako velja tudi za koncentracije Cs-137 v reki Dravi v letih 2006 in 2007. Opazimo lahko tudi, da je I-131 v Savi (Ljubljana) za skoraj dva velikostna reda več kot v Dravi, kar je najbrž posledica izpustov I-131 iz Univerzitetnega kliničnega centra v Ljubljani, kjer izvajajo terapijo z omenjenim izotopom in kjer so lahko izmerjene koncentracije močno odvisne od dneva vzorčenja. Zaključke o razmerjih izotopa v obeh rekah pa je zaradi narave izvajanja terapevtskih postopkov in le dveh letnih meritev enkratnih vzorcev težko potegniti.

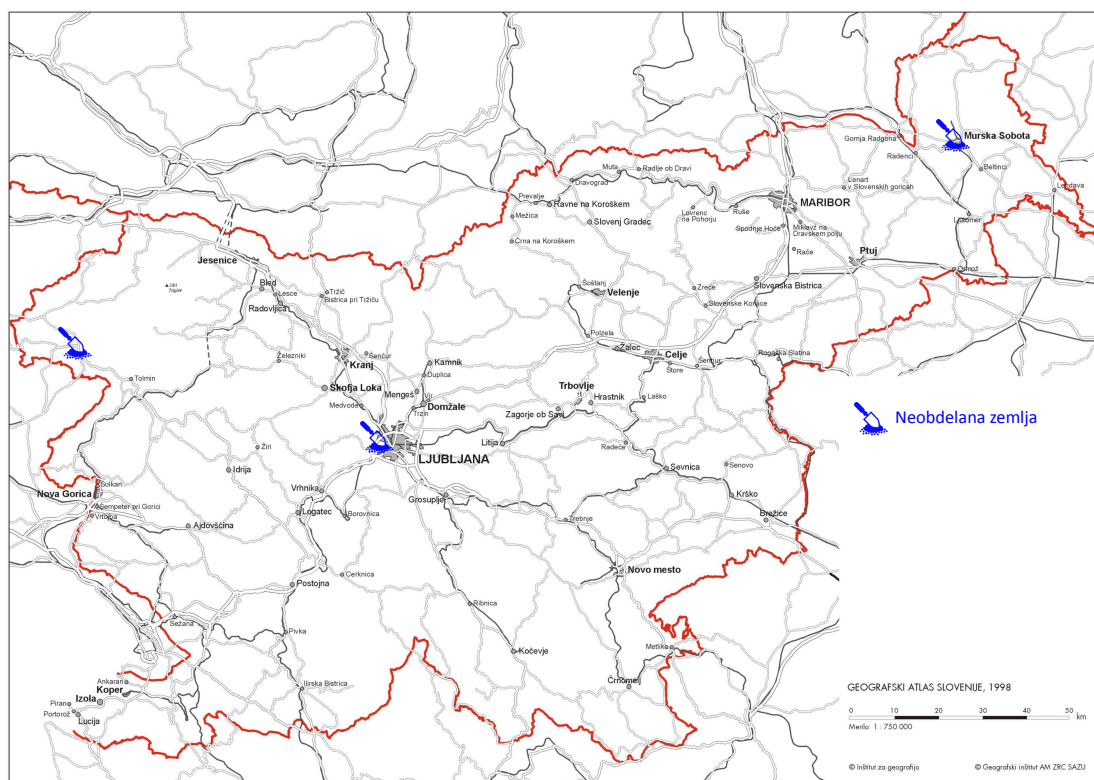


Slika 3.21: Povprečne specifične aktivnosti Cs-137, I-131 in H-3 v reki Savi (povprečje lokacij Ljubljana in Brežice) in Dravi od leta 2002 dalje.

3.4 Zemlja

3.4.1 Vzorčenje in rezultati meritev

Zemljo smo v letu 2013 vzorčili na treh globinah 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm na lokacijah Ljubljana (IJS), Kobarid in Murska Sobota (obe ZVD) v spomladanskem in jesenskem obdobju. V letu 2009 je začel IJS vzorčiti zemljo v Ljubljani na lokaciji Ceste dveh cesarjev, kjer je prejšnja leta vzorčil ZVD (v letu 2008 in 2006 je vzorčenje potekalo na lokaciji IJS Podgorica).

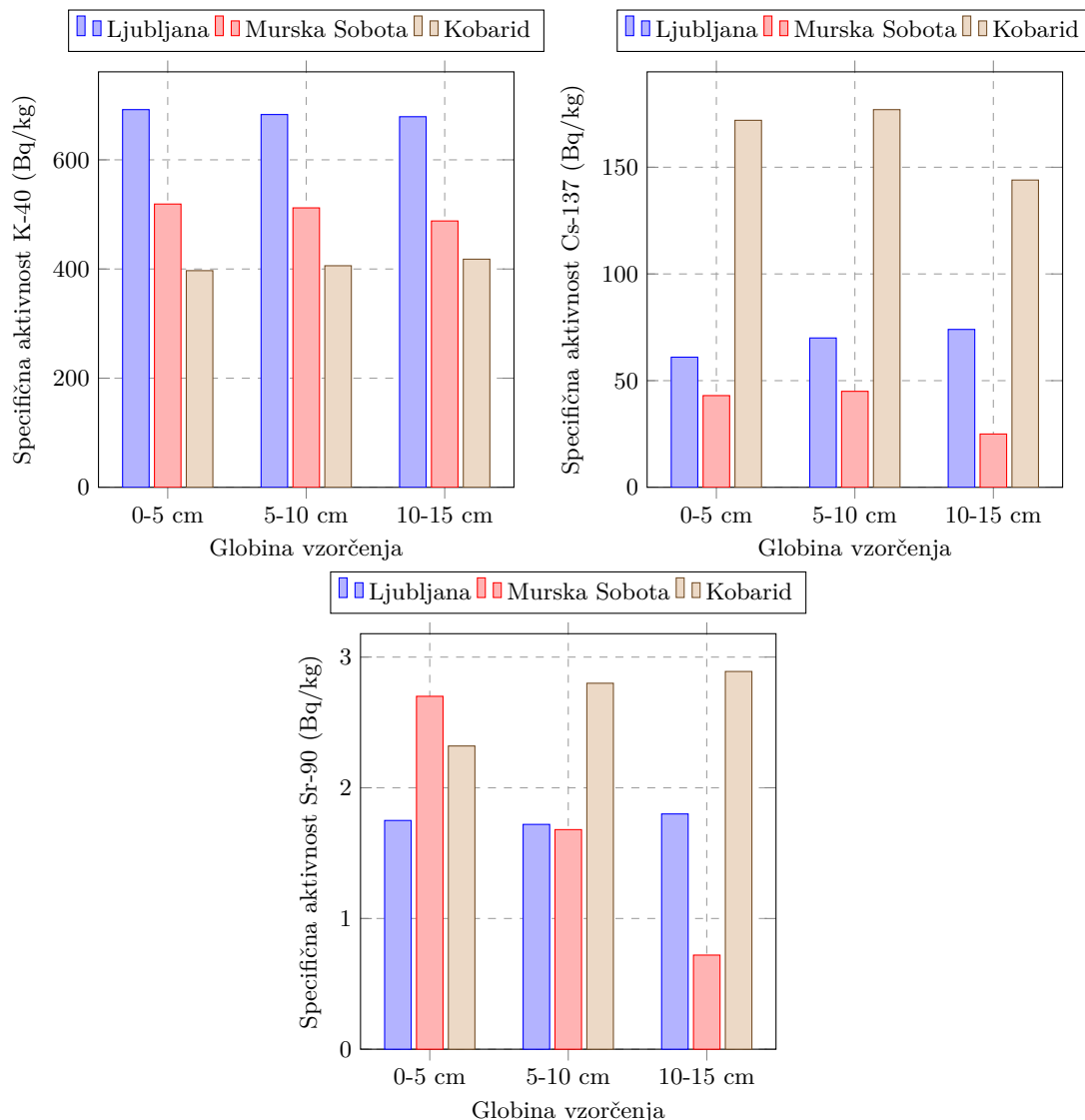


Slika 3.22: Lokacije vzorčenja vzorcev zemlje.

Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih zemlje so prikazani v prilogi A v tabelah od A.18 do A.20 ter na sliki 3.23.

Specifične aktivnosti v vseh treh plasteh so v prilogi A prikazane v enotah Bq/kg posušene zemlje in tudi preračunane na enoto površine v Bq/m². Pri tem so preračunane tudi vrednosti za naravne radionuklide, za katere pa vemo, da ne predstavljajo površinske kontaminacije.

V vzorcih zemlje iz Ljubljane je bilo povprečje specifične aktivnosti v vseh treh plasteh 68 ± 7 Bq/kg Cs-137 in $1,8 \pm 0,2$ Bq/kg Sr-90, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 konstantna, vsebnost Sr-90 pa približno narašča z globino vzorčenja oziroma so koncentracije v globljih plasteh višje kot v pripovršinski plasti. V vzorcih zemlje iz Kobarida je bilo povprečje specifične aktivnosti 164 ± 18 Bq/kg Cs-137 in $2,7 \pm 0,3$ Bq/kg Sr-90, po plasteh je vsebnost Cs-137 približno konstantna oziroma po maksimumu v srednji plasti rahlo pade aktivnost v večji globini, vsebnost Sr-90 pa približno pada z globino vzorčenja oziroma so koncentracije v globljih plasteh višje kot v pripovršinski plasti. V vzorcih zemlje iz Murske Sobote je bilo povprečje specifične aktivnosti Cs-137 38 ± 11 Bq/kg in Sr-90 $1,7 \pm 1,0$ Bq/kg, po plasteh pa je vsebnost Cs-137 približno konstantna oziroma ni mogoče opaziti izrazitega trenda glede na globino vzorčenja,



Slika 3.23: Povprečna letna specifična aktivnost K-40, Cs-137 in Sr-90 v zemlji

vsebnost Sr-90 pa pada z globino.

Zaradi značilnosti terena, kotanjavosti, nagnjenosti, difuzijskih lastnosti zemlje in lokalnih posebnosti padavin v času črnobilske nesreče, se vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137 ali Sr-90 močno razlikujejo že na lokalni ravni. Že na razdalji nekaj metrov med lokacijama vzorčenja se lahko specifične aktivnosti razlikujejo za nekajkrat. Očitno so difuzijski procesi Sr-90 in Cs-137 v različnih tipih zemlje različni, kar potrjujejo tudi različni globinski profili v prejšnjih letih, ki med sabo niso popolnoma konsistentni.

3.4.2 Dolgoročni trendi

Na slikah 3.24, 3.25 in 3.26 so prikazane časovne odvisnosti specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v plasti 0-5 cm za Ljubljano, Kobarid in Mursko Soboto za obdobje od leta 1986 dalje (za izotop Cs-137 so prikazane vse plasti). Poleg povprečnih letnih specifičnih aktivnosti so za primerjavo prikazane tudi vrednosti za naravni radioaktivni razpad omenjenih radionuklidov za isto obdobje za pripovršinsko plast (označene s

polno črto), ob privzetih začetnih vrednostih, izmerjenih v aprilu 1986. Koncentracije radionuklidov v zemlji ne sledijo eksponentni funkciji radioaktivnega razpada, saj izotopi dodatno difundirajo v globlje plasti zemlje in so sedaj že tudi globlje od 15 cm.

Iz slik 3.24, 3.25 in 3.26 je razviden trend padanja specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 zaradi migracije v druge plasti in radioaktivnega razpada. Pri izotopu Cs-134 zaradi krajšega razpolovnega časa, procesov migracije ni opaziti, saj je npr. v Murski Soboti tako rekoč ostal le v prvi plasti in tam razpadel (pod mejo detekcije). Za zemljo v Murski Soboti podobno velja tudi za Sr-90, saj specifična aktivnost sledi zmanjševanju zaradi naravnega radioaktivnega razpada. Na slikah od 3.24 do 3.26, kjer posebej analiziramo obnašanje Cs-137, lahko iz primerjave njegove aktivnosti v različnih plasteh ugotovimo, da počasi aktivnosti v globljih plasteh postajajo višje od aktivnosti v pripovršinski plasti (v Ljubljani in Kobaridu že od približno leta 2000 dalje, v Murski Soboti pa šele ob okvirno leta 2006). To potrjuje zgoraj omenjeno hipotezo, da so mehanizmi difundiranja v spodnje plasti zelo različni od vrste zemlje.

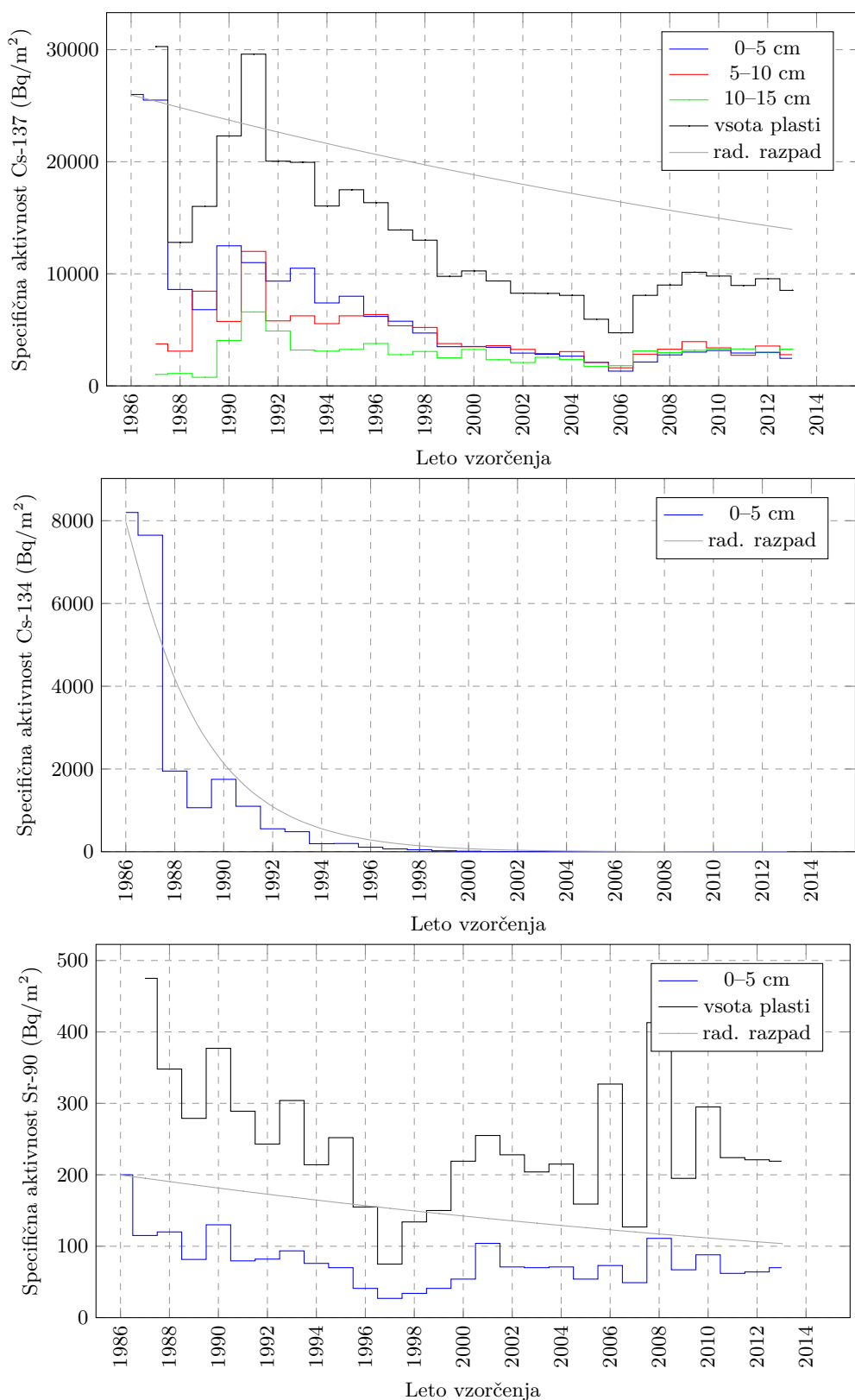
Zaradi migracije radionuklida Cs-137 v globlje plasti, je smiselna primerjava celotnega depozita v vsej globini vzorčenja od 0 do 15 cm, torej ne le depozita v zgornji plasti 5 cm.

V prvih letih po črnobilski nesreči je v celotnem depozitu v globini 0-15 cm tudi depozit zaradi bombnih poskusov. Za zadnjih 10 let pa lahko rečemo, da je celotni depozit v globini 0-15 cm posledica črnobilske nesreče, saj so radionuklidi sproščeni ob poskusih razstrelitev jedrskih bomb že migrirali v plasti v globini 30 cm in več.

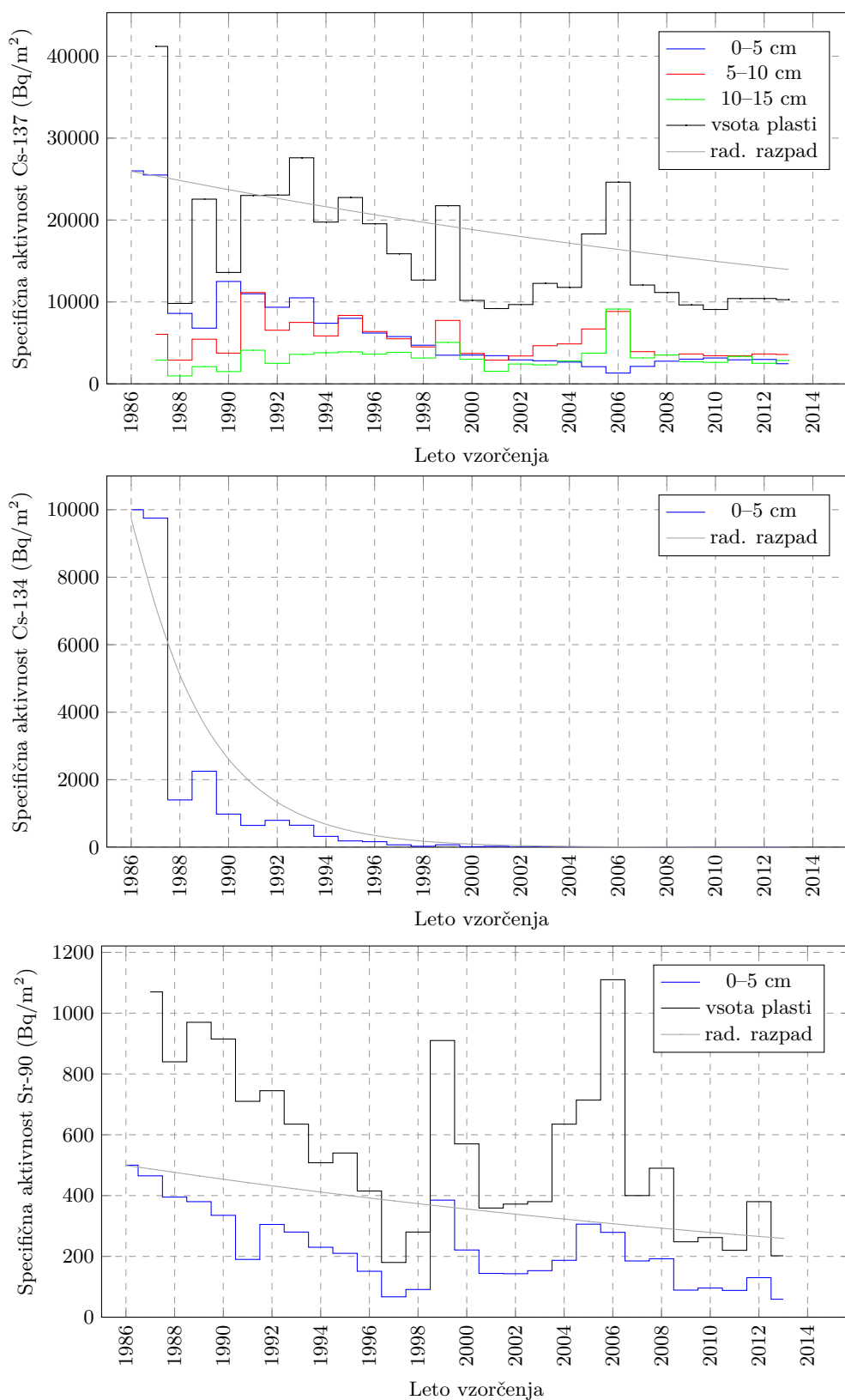
V Ljubljani in Kobaridu lahko tudi za depozit črnobilske nesreče že lahko rečemo, da prehaja v globlje plasti, zato predlagamo, da bi začeli z vzorčenjem plasti zemlje iz globine 15-30 cm. Zemlja v Murski Soboti ima drugačne lastnosti, kjer vidimo, da je skoraj ves depozit še vedno v plasteh zemlje do globine 15 cm. Mikrolokacija vzorčenja v Murski Soboti je sicer takšna, da tam zemlje ne orjejo, kar bi pomenilo morebitno mešanje plasti.

Na grafih za lokacijo Kobarid vidimo odstopanja od trenda zmanjševanja koncentracij Cs-137 in Sr-90, in sicer v letih 2006 in 2008, ki jih lahko pojasnimo zaradi različnih izvajalcev analize in različnih lokacij vzorčenja. V letu 2006 je IJS opravil analizo zemlje na vseh treh lokacijah, leta 2008 pa samo v Ljubljani. Lokacija vzorčenja v Ljubljani je bila različna glede na vzorčevalca, IJS je vzorčil na lokaciji Reaktorskega centra Podgorica v Brinju pri Ljubljani, ZVD pa na Cesti dveh cesarjev. Od leta 2009 naprej, je lokacija vzorčenja poenotena, in sicer na Cesti dveh cesarjev.

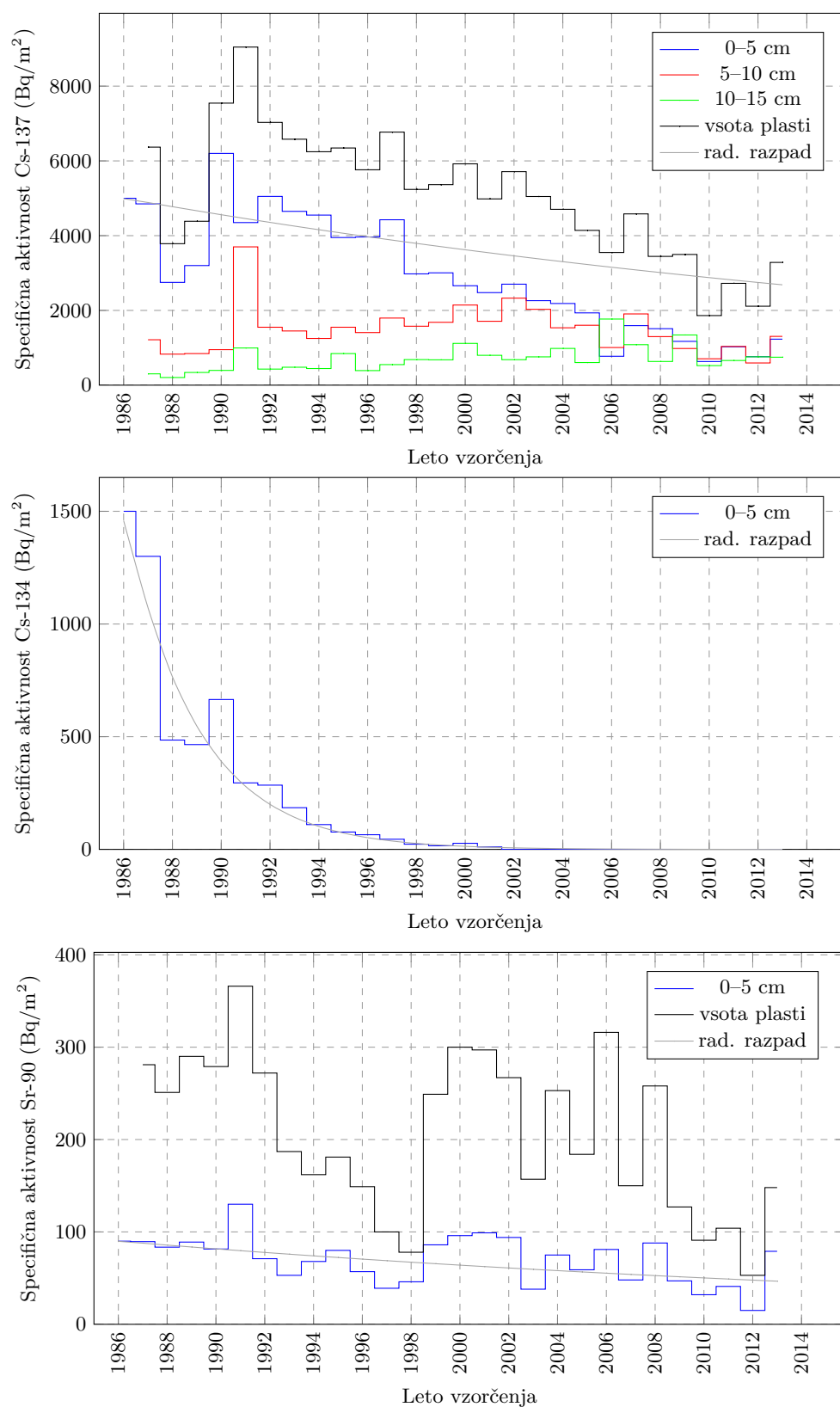
V letu 2011 je moč zaznati delno povišane vrednosti Cs-137 v zgornji plasti glede na prejšnja leta, kar je vpliv posledic nesreče v elektrarni v Fukušimi na Japonskem. Vendar je povišanje na letni ravni v povprečju komaj opazno.



Slika 3.24: Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Ljubljani v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.



Slika 3.25: Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Kobaridu v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

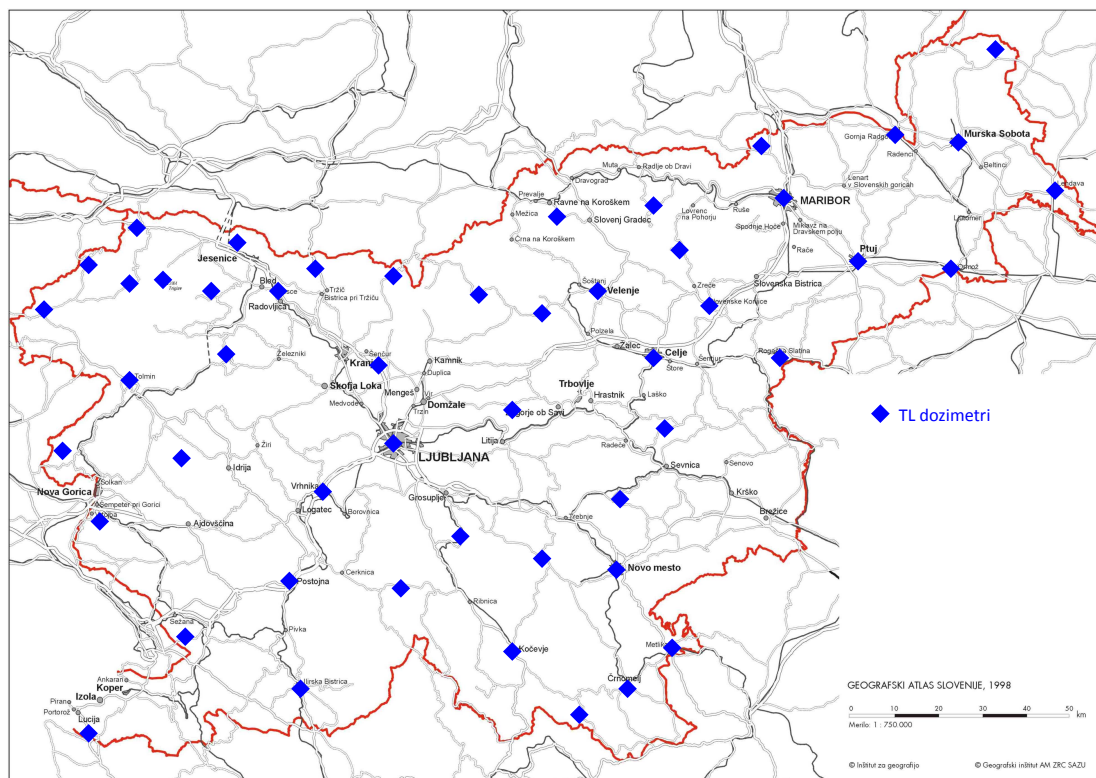


Slika 3.26: Specifične aktivnosti — depozit — Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v Murski Soboti v različnih plasteh ter preračun radioaktivnega razpada od leta 1986 dalje.

4 — Zunanje sevanje

4.1 Lokacije meritev

Doze zunanjega sevanja se merijo na petdesetih različnih lokacijah po Sloveniji s TL dozimetri, ki so prikazane na sliki 4.1, podrobnosti o merskih lokacijah pa so podane v tabeli 4.1.



Slika 4.1: Lokacije TL dozimetrov za meritve letne doze zunanjega sevanja.

Tabela 4.1: Seznam TL-dozimetrov v Republiki Sloveniji z GPS koordinatami

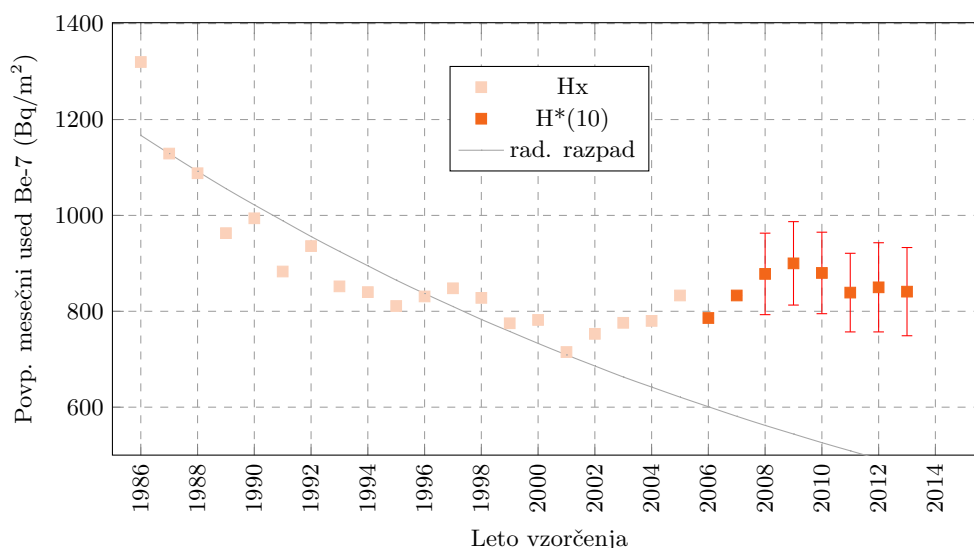
Št.	KRAJ	GPS-KOORDINATE
1	KOČEVJE	45°38'47"/ 14°51'02"
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	45°48'30"/ 14°57'42"
3	DOBLIČE (ČRNOMELJ)	45°33'36"/ 15°08'46"
4	DRAŠIČI (METLIKA)	45°39'55"/ 15°22'34"
5	NOVO MESTO	45°48'07"/ 15°10'39"
6	MOKRONOG	45°56'29"/ 15°09'01"
7	LISCA	46°04'04"/ 15°17'06"
8	CELJE	46°14'11"/ 15°13'34"
9	ROGAŠKA SLATINA	46°14'40"/ 15°37'41"
10	SLOVENSKE KONJICE	46°20'42"/ 15°25'03"
11	ROGLA	46°26'45"/ 15°19'22"
12	MARIBOR	46°32'22"/ 15°38'42"
13	PTUJ	46°25'48"/ 15°52'58"
14	JERUZALEM (ORMOŽ)	46°28'34"/ 16°11'15"
15	LENDAVA	46°33'25"/ 16°28'20"
16	MURSKA SOBOTA (RAKIČAN)	46°39'08"/ 16°11'29"
17	VELIKI DOLENCI (ŠALOVCI)	46°50'12"/ 16°17'16"
18	GORNJA RADGONA	46°40'52"/ 15°59'44"
19	SVEČINA (PLAČ)	46°39'49"/ 15°35'29"
20	RIBNICA NA POHORJU	46°32'30"/ 15°17'30"
21	KOTLJE	46°31'17"/ 14°58'54"
22	VELENJE	46°21'51"/ 15°07'11"
23	NAZARJE (MOZIRJE)	46°19'23"/ 14°56'58"
24	LUČE OB SAVINJI	46°21'15"/ 14°44'48"
25	VACE	46°07'06"/ 14°50'23"
26	LJUBLJANA - BEŽIGRAD (ARSO)	46°03'58"/ 14°30'46"
27	BRNIK - AERODROM	46°13'39"/ 14°27'40"
28	JEZERSKO (ZGORNJE JEZERSKO)	46°23'53"/ 14°30'14"
29	PODLJUBELJ	46°23'58"/ 14°17'03"
30	HLEBCE (LESCE)	46°21'55"/ 14°10'28"
31	PLANINA POD GOLICO	46°28'03"/ 14°03'09"
32	ZDENSKA VAS	45°51'28"/ 14°42'27"
33	RATEČE	46°29'49"/ 13°42'46"
34	TRENTA	46°22'56"/ 13°45'13"
35	LOG POD MANGARTOM	46°24'25"/ 13°36'10"
36	BOVEC	46°20'05"/ 13°32'55"
37	TOLMIN	46°10'46"/ 13°43'54"
38	BILJE (NOVA GORICA)	45°53'46"/ 13°37'28"
39	VEDRIJAN (KOJSKO)	46°00'50"/ 13°32'29"
40	LOKEV PRI LIPICI	45°39'51"/ 13°55'21"
41	PORTOROŽ - AERODROM	45°28'29"/ 13°37'01"
42	KOSEZE (ILIRSKA BISTRICA)	45°33'11"/ 14°14'05"
43	ZALOG (POSTOJNA)	45°45'57"/ 14°11'35"
44	NOVA VAS NA BLOKAH	45°46'23"/ 14°30'34"
45	VRHNIKA	45°57'42"/ 14°16'26"
46	VOJSKO	46°01'31"/ 13°54'09"
47	SORICA	46°13'19"/ 14°01'41"
48	STARA FUŽINA	46°17'21"/ 13°53'36"
49	JELENJA VAS (ISKRBA, KOČEVSKA REKA)	45°33'40"/ 14°51'28"
50	KREDARICA	46°22'59"/ 13°50'59"

4.2 Rezultati meritev

Rezultati so prikazani v prilogi A v tabeli A.22. Povprečni letni okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2013 je bil $877 \pm 148 \mu\text{Sv}$, največji izmerjen okoliški ekvivalent doze je bil $1352 \pm 147 \mu\text{Sv}$ v Jelenji vasi, najnižji pa $612 \pm 67 \mu\text{Sv}$ v Stari Fužini. Povprečna mesečna vrednost okoliškega ekvivalenta doze zaradi zunanjega sevanja je bila $73 \pm 16 \mu\text{Sv}$, območje vrednosti pa od $51 \mu\text{Sv}$ do $113 \mu\text{Sv}$.

4.3 Dolgoročni trend doz

Na sliki 4.2 je prikazan dolgoročni trend doz na lokaciji Ljubljana izmerjenih s TL dozimetri. Do leta 2005 so izmerjene veličine Hx, od takrat pa $H^*(10)$. Veličina Hx je fotonski dozni ekvivalent (photon dose equivalent). Veličino so uporabljali predvsem v Nemčiji. V Sloveniji je sekundarni dozimetrični laboratorij na Inštitutu Jožef Stefan v preteklosti izvajal umerjanja TL dozimetrov v tej veličini. Veličini nista povsem primerljivi. Pri energijah gama sevanja pod okoli 30 keV je kvocient med $H^*(10)/Hx$ manjši od 1, sicer pa je večji od ena do energije okoli 2 MeV, ko vrednost spet pade pod 1. Pri energiji Cs-137 je vrednost kvocienta približno 1,05. Kljub temu, da veličini nista povsem primerljivi pa se pri energijah sevanja gama, ki ga merimo v okolju ne razlikujeta veliko, nekaj %, in jih na sliki 4.2 prikazujemo na skupnem grafu.



Slika 4.2: Doza zunanjega sevanja za Ljubljano za obdobje od leta 1986 dalje

Termoluminiscentni dozimetri merijo okoliški ekvivalent zunanjega sevanja naravnih in umetnih radionuklidov, ki so prisotni v okolju. V letih po černobilski nesreči je predvsem Cs-137 znatno prispeval k obremenjenosti z zunanjim sevanjem, nato pa se je prispevek zaradi radioaktivnega razpada in difuzije radionuklida v globlje plasti zmanjšal. Trenutni prispevek Cs-137 k celotni dozi zunanjega sevanja je manj kot 1%. Iz slike 4.2 je razvidno, da je doza zunanjega sevanja po letu 1995 približno konstantna, od leta 2006 pa je moč opaziti trend povečevanja (deloma je to lahko posledica menjave merjenja Hx s $H^*(10)$). V letu 1986 so k dozi zunanjega sevanja prispevali tudi številni drugi sevalci gama, ki so bili posledica useda zaradi černobilske nesreče. Zato je zunanja doza v letu 1986 najvišja. Kratkoživi sevalci so nato razpadli in doza je že v letu 1987 znatno padla.

Pitna voda

Hrana

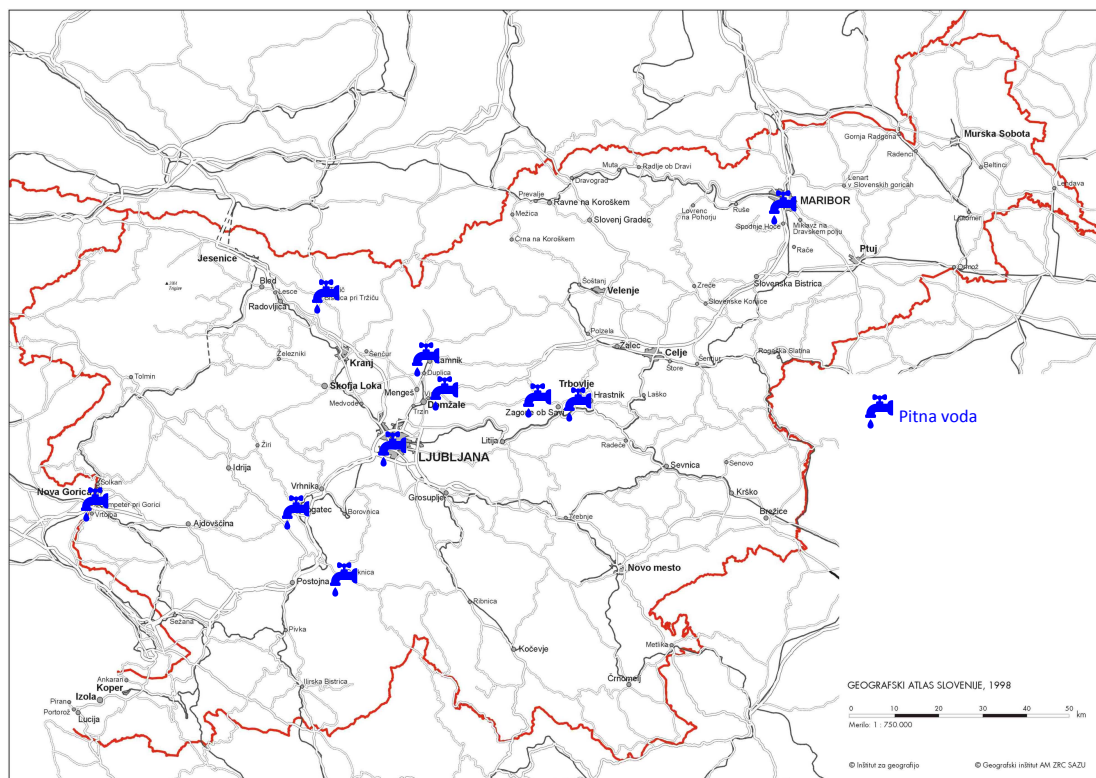
Mleko
Živila živalskega izvora
Žitarice, moka, kruh
Sadje
Zelenjava
Otroška hrana

Krmila

5 — Monitoring pitne vode, hrane in krme

5.1 Pitna voda

V letu 2013 je bilo odvzetih petnajst enkratnih vzorcev pitne vode iz javnih objektov kot so šole, vrtci, bolnišnice ali gostišča na naslednjih lokacijah: Ljubljana, Lukovica, Kamnik, Logatec, Tržič, Cerknica, Izlake, Trbovlje, Maribor, Nova Gorica, Ravne na Koroškem, Rogaska Slatina, Laško, Naklo in Dragatuš. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.1.

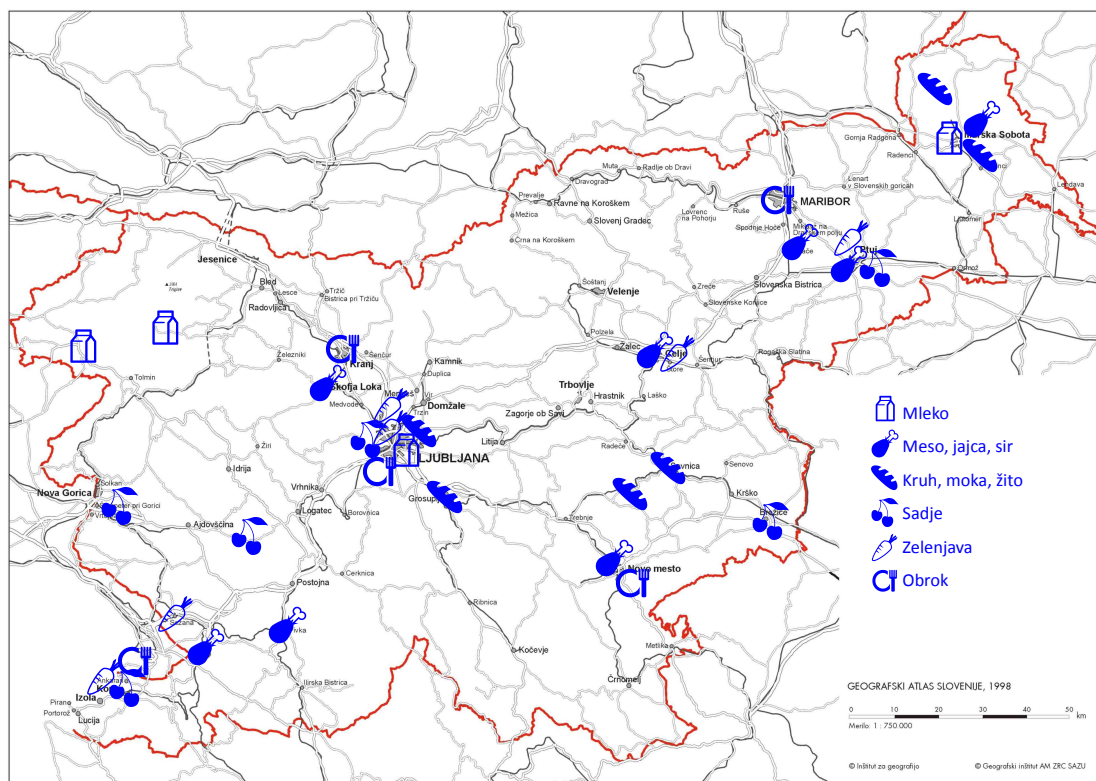


Slika 5.1: Lokacije vzorčenja vzorcev pitne vode.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabelah A.23 in A.24. Izotop cezija, Cs-137, je bilo opaziti le v sledih, izmerjene vrednosti so bile pod $0,3 \text{ Bq/m}^3$. Povprečna vrednost specifičnih aktivnosti Sr-90 v vseh odvzetih vzorcih je $1,5 \pm 0,9 \text{ Bq/m}^3$, H-3 pa $700 \pm 182 \text{ Bq/m}^3$. Poleg umetnih radionuklidov so se določale tudi specifične aktivnosti naravnih radionuklidov in kozmogenega Be-7. Povprečne vrednosti so za U-238 $3,5 \pm 5,0 \text{ Bq/m}^3$, Ra-226 $3,9 \pm 3,1 \text{ Bq/m}^3$, Pb-210 $1,9 \pm 2,6 \text{ Bq/m}^3$, Ra-228 $1,0 \pm 0,8 \text{ Bq/m}^3$, Th-228 $0,2 \pm 0,2 \text{ Bq/m}^3$ in K-40 $15 \pm 19 \text{ Bq/m}^3$ ter Be-7 $2,4 \pm 2,9 \text{ Bq/m}^3$.

5.2 Hrana

Program meritev radioaktivnosti v vzorcih hrane je približno enak kot v prejšnjih letih in vsebuje meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov v najpomembnejših živilih rastlinskega in živalskega porekla, ki se sezonsko jemljejo na različnih področjih po Sloveniji, v Prekmurju, na Štajerskem, na Gorenjskem, na Primorskem, na Notranjskem in na Dolenjskem. Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.2.



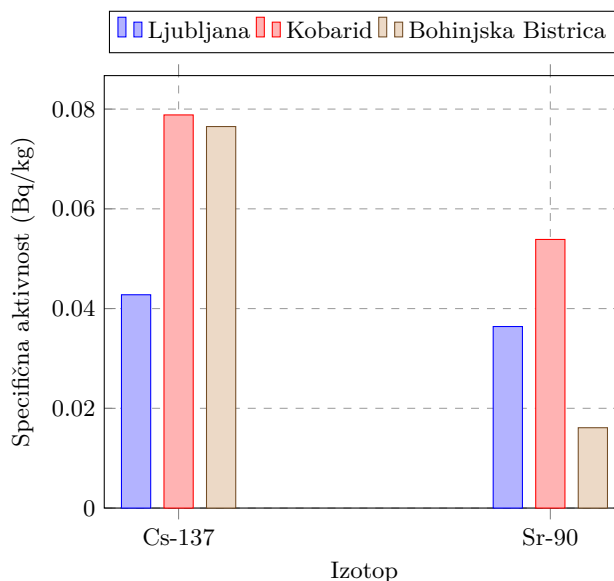
Slika 5.2: Lokacije vzorčenja vzorcev živil.

5.2.1 Mleko

V letu 2013 smo analizirali vzorce surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice ter mleka v prahu iz Murske Sobote. Rezultati meritev specifičnih aktivnosti radionuklidov v vzorcih mleka za vse lokacije vzorčenja so prikazani v prilogi A v tabelah od A.25 do A.28.

Na sliki 5.3 so prikazane letne povprečne vrednosti (za leto 2013) v vzorcih surovega mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice, na sliki 5.4 njihove posamične

vrednosti dvomesečnega zbirnega vzorca in na sliki 5.5 posamične vrednosti dvomesečnega zbirnega vzorca mleka v prahu iz Murske Sobote, in sicer za različne izotope K-40, Cs-137 in/ali Sr-90. V Ljubljani je bila povprečna letna vrednost Cs-137 43 ± 6 mBq/kg in Sr-90 36 ± 12 mBq/kg, v Kobaridu Cs-137 79 ± 12 mBq/kg in Sr-90 54 ± 7 mBq/kg, v Bohinjski Bistrici Cs-137 77 ± 15 mBq/kg in Sr-90 16 ± 7 mBq/kg ter v Murski Soboti Cs-137 $0,57 \pm 0,39$ Bq/kg in Sr-90 $0,30 \pm 0,15$ Bq/kg. Slovensko povprečje za surovo mleko znaša za Cs-137 66 ± 20 mBq/kg in za Sr-90 36 ± 20 mBq/kg (brez mleka v prahu). Najvišje izmerjena vrednost Cs-137 je bila v vzorcu surovega mleka iz Bohinjske Bistrice v obdobju zbiranja julij-avgust, in sicer 160 ± 10 mBq/kg.



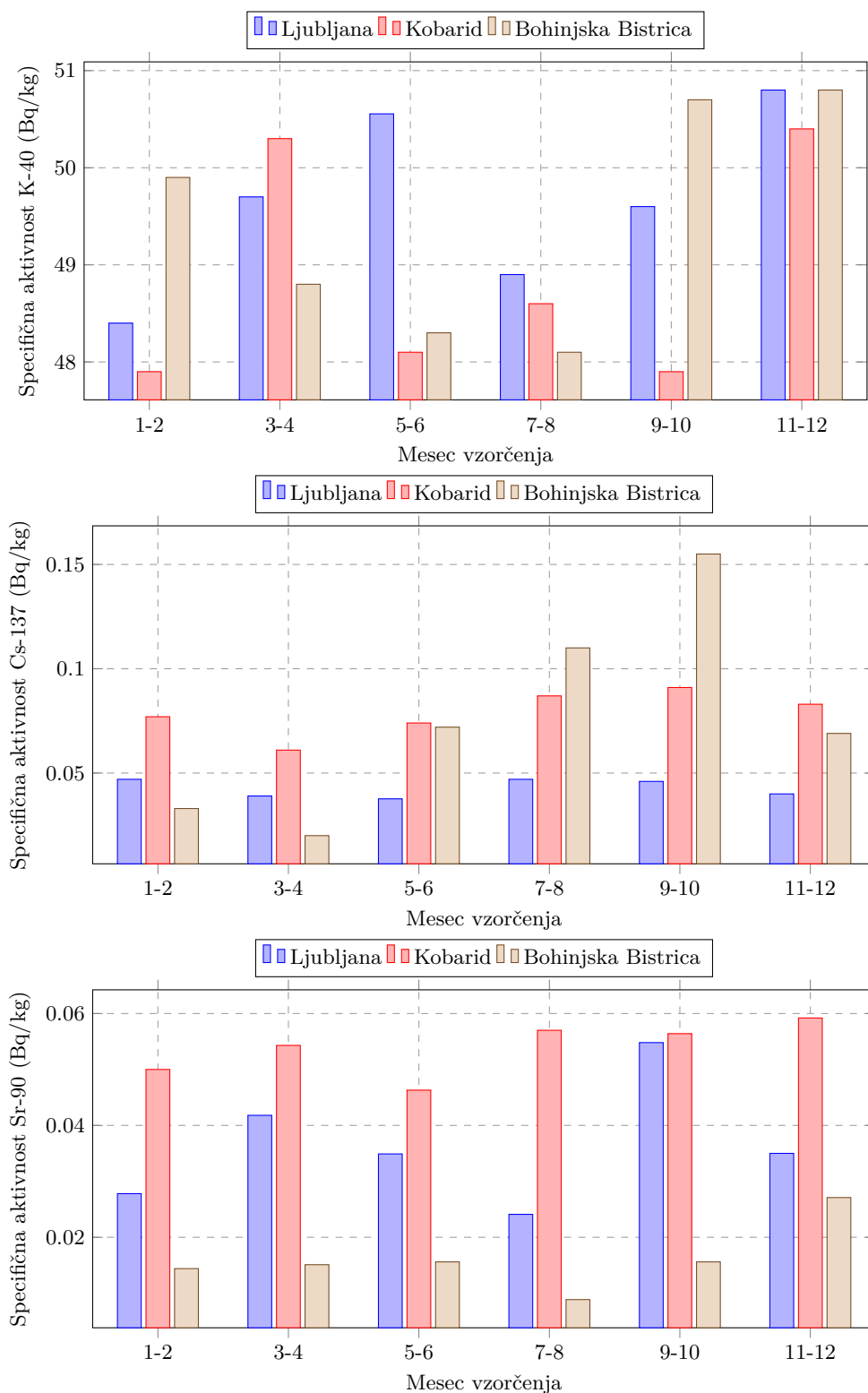
Slika 5.3: Primerjava povprečnih specifičnih aktivnosti Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku na različnih lokacijah v Sloveniji za leto 2013.

Na sliki 5.4, ki prikazuje specifične aktivnosti izotopov v dvomesečnih vzorcih mleka iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice ugotovimo v jesenskem obdobju porast aktivnosti Cs-137, kar lahko pripišemo pašni vzreji govedu v toplejših mesecih, kjer večje aktivnosti iz narave pridejo v organizem in mleko zaradi prenosnih poti, v hladnejših mesecih pa uporabi krmil, ki imajo lahko nižje vsebnosti Cs-137. V vzorcih mleka v prahu iz Murske Sobote (slika 5.5) je povišane vrednosti Cs-137 moč opaziti s časovnim zamikom, kar je najverjetneje posledica predelave surovega mleka.

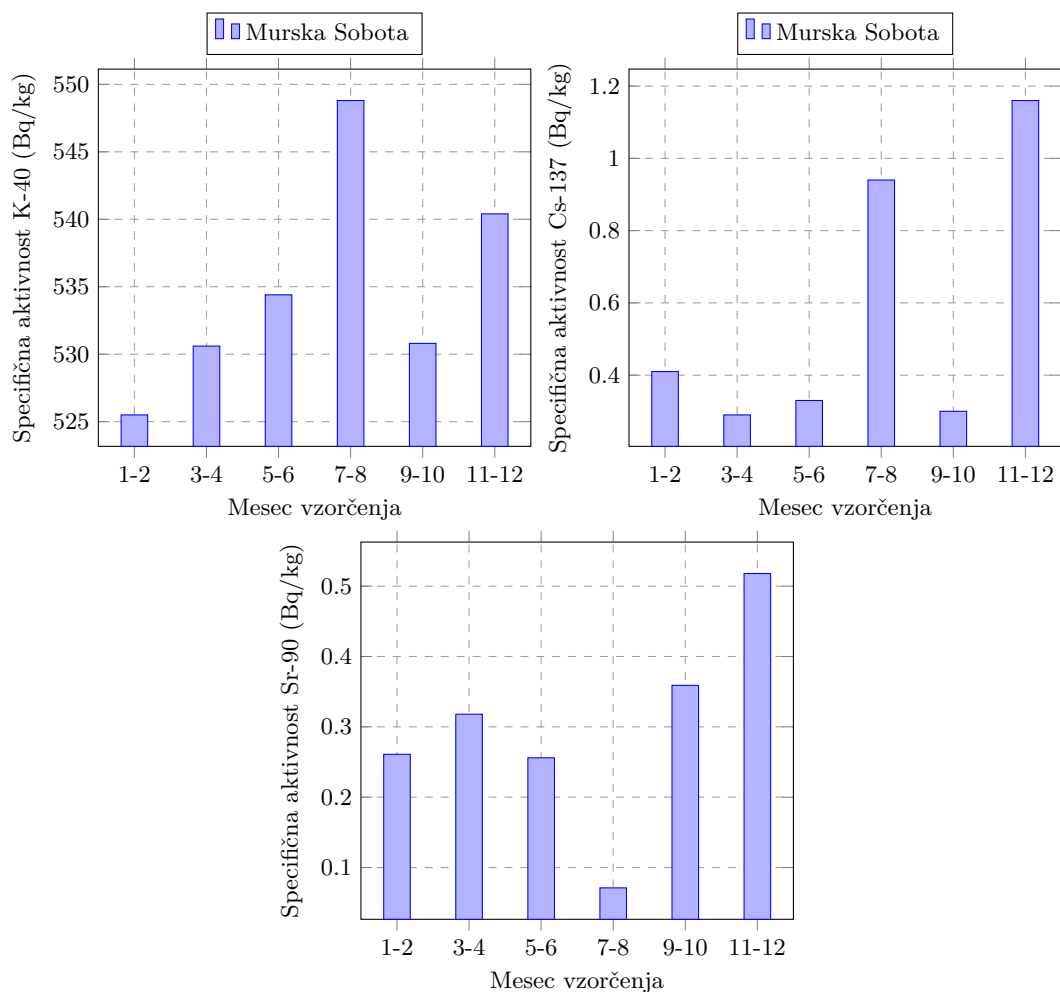
Dolgoročni trendi

Ob eksploziji jedrskega reaktorja v Černobilu 26. aprila 1986 je bila v zrak sproščena velika količina radioaktivnih snovi, ki so se razpršile po Evropi izven tedanje Sovjetske zveze. V Sloveniji je v Alpah v času nezgode padlo okoli 100 mm/m^2 padavin, kar je povzročilo površinsko kontaminacijo tal preko 100 kBq/m^2 [28]. Pašniki v okolici Kobarida in Bohinjske Bistrice ležijo v alpskem predelu Slovenije, kjer je po nesreči v Černobilu padlo največ padavin, zato je tudi mleko iz tega področja bolj kontaminirano s Cs-137 kot drugje po Sloveniji.

Na sliki 5.6 so prikazane povprečne letne vrednosti specifičnih aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku iz Ljubljane, Kobarida, Bohinjske Bistrice in Murske Sobote za obdobje od leta 1986 dalje. Opazen je trend padanja specifičnih aktivnosti vseh treh



Slika 5.4: Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v surovem mleku iz Ljubljane, Kobarida in Bohinjske Bistrice.



Slika 5.5: Specifične aktivnosti K-40, Cs-137 in Sr-90 v mleku v prahu iz Murske Sobote.

radionuklidov, Cs-137, Cs-134 in Sr-90. Cs-134 je bil najdlje merljiv v mleku iz Bohinjske Bistrice, do leta 1999, v mleku z ostalih lokacij pa je bil že dosti prej pod mejo detekcije.

V grafih so sicer najvišje prikazane vrednosti za mleko v prahu iz Murske Sobote, kar je posledica koncentracije vzorca s sušenjem in posledično višje specifične aktivnosti ter zato vrednosti niso realno primeljive z vrednostmi v surovem mleku.

5.2.2 Živila živalskega izvora

V letu 2013 smo analizirali osem vzorcev živil živalskega izvora:

- jajca iz Moravskih Toplic,
- piščanca iz Pivke,
- govedino iz Celja,
- svinjino iz Rač,
- poltrdi sir iz Senožeč,
- srnjaka iz Škofje Loke,
- postrvi s Ptuja in
- skuto iz Novega mesta.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.29.

Povprečna specifična aktivnost Cs-137 v vseh vzorcih je $0,14 \pm 0,23$ Bq/kg in Sr-90 $< 0,03$ Bq/kg. Najvišja vsebnost Cs-137 je bila izmerjena v vzorcu sira $0,69 \pm 0,03$ Bq/kg, v divjačini (srnjak) v letu 2013 aktivnost Cs-137 ni bistveno odstopala od ostalih vzorcev.

5.2.3 Žitarice, moka, kruh

Izmerili smo šest vzorcev žitaric in njihovih izdelkov:

- koruzna moka iz Grosuplja,
- beli kruh iz Ljubljane,
- bela moka iz Murske Sobote,
- ajdova moka iz Šentjerneja,
- ječmen iz Sevnice in
- pšenica iz Bodoncev.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.30. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je $0,21 \pm 0,36$ Bq/kg in Sr-90 $0,19 \pm 0,19$ Bq/kg.

5.2.4 Sadje

Izmerili smo šest vzorcev sadja:

- jagode iz Krškega,
- češnje iz Ljubljane,
- breskve iz Dornberka,
- slive iz Kopra,
- hruške s Ptuja in
- jabolka iz Vipave.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.31. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je < 40 mBq/kg in Sr-90 < 20 mBq/kg. Vsebnosti Cs-137 in Sr-90 so bile le v sledovih in praviloma pod mejo detekcije v večini vzorcev.

5.2.5 Zelenjava

Izmerili smo šest vzorcev zelenjave:

- solata iz Ljubljane,
- radič iz Sežane,
- krompir iz Ljubljane,
- paradižnik s Ptuja,
- zelje iz Celja in
- bučke iz Kopra.

Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.32. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je 29 ± 23 mBq/kg in Sr-90 27 ± 14 mBq/kg.

5.2.6 Otroška hrana

V letu 2008 smo začeli z analizo celotnega obroka otroške hrane. Tako smo v letu 2013 analizirali 5 vzorcev iz Kopra, Ljubljane, Novega mesta, Maribora in Kranja. Rezultati meritev so prikazani v prilogi A v tabeli A.33. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je 21 ± 3 mBq/kg in Sr-90 < 6 mBq/kg.

5.3 Krmila

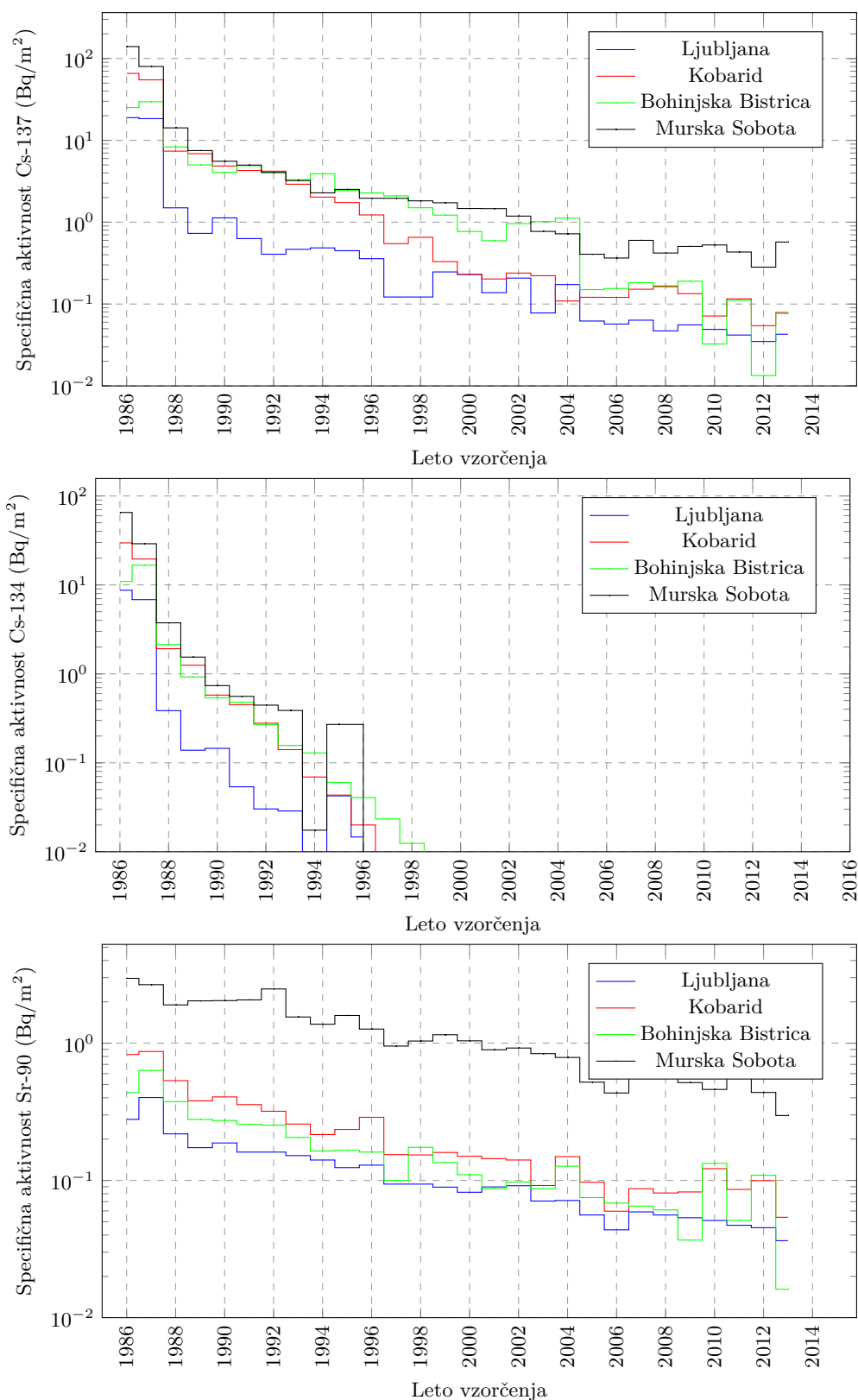
V letu 2013 je bilo odvzetih osem vzorcev krme:

- 1 vzorec travne silaže,
- 1 vzorec koruzne silaže,

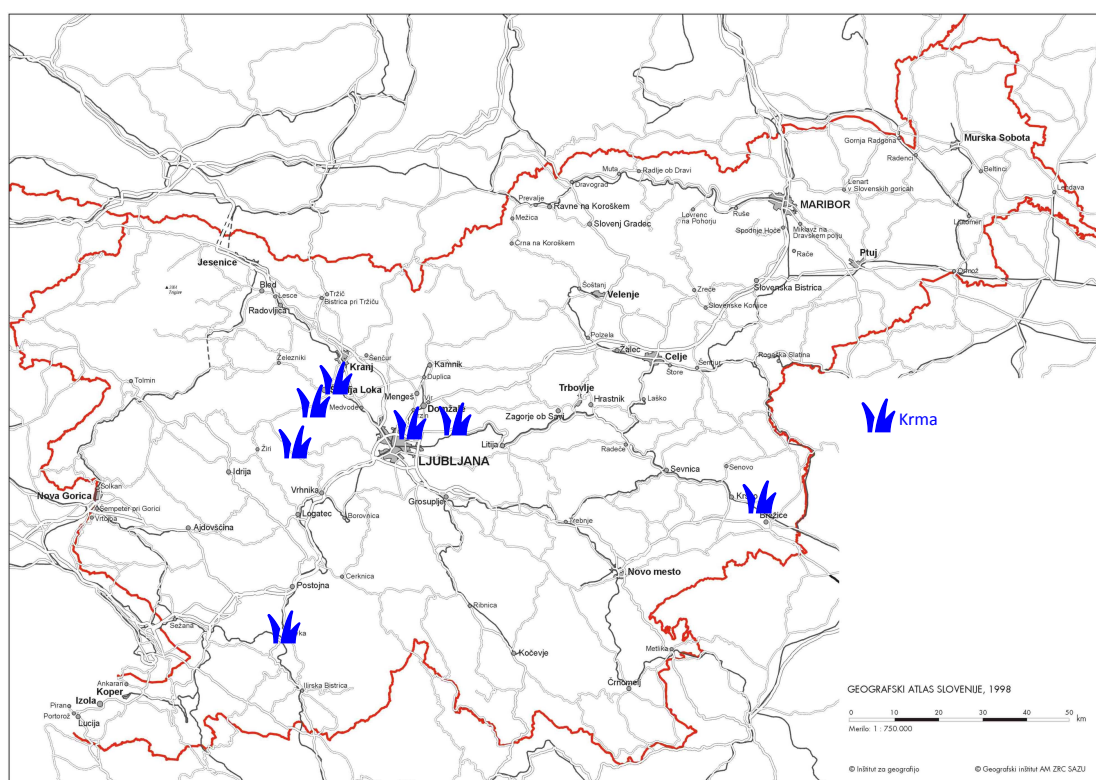
- 3 vzorci sena,
- 2 vzorca sveže trave in
- 2 vzorca krmne mešanice.

Lokacije vzorčenja so prikazane na zemljevidu na sliki 5.7.

Rezultati so prikazani v prilogi A v tabeli A.34. Povprečna specifična aktivnost Cs-137 je $0,8 \pm 0,9$ Bq/kg in Sr-90 $2,1 \pm 3,0$ Bq/kg.



Slika 5.6: Povprečne letne specifične aktivnosti Cs-137, Cs-134 in Sr-90 v mleku z različnih lokacij od leta 1986 dalje.



Slika 5.7: Lokacije vzorčenja vzorcev krme.

Osnovne enačbe

Uporabljeni podatki in predpostavke

Umetni radionuklidi

Naravni radionuklidi

Starostne skupine

Prehranjevalne predpostavke

Privzete specifične aktivnosti

Doza zaradi ingestije in inhalacije

Doza zaradi zunanjega sevanja

Skupna ocena doze

6 — Ocena prejetih doz sevanja

Na podlagi meritev prikazanih v tabelah od A.1 do A.34 v prilogi A smo v prejšnjih poglavjih analizirali dobljene rezultate. V nadaljevanju tako ocenjujemo doze posameznikov iz prebivalstva, ki so izpostavljeni sevanju zaradi dolgoživih umetnih radionuklidov, ki so posledica bodisi jedrskih bombnih poskusov v preteklosti bodisi jedrskih nesreč z velikimi izpusti (Černobil in Fukušima). Oceno doz smo izvedli samo za umetne radionuklide in ocenili njihov dodatni prispevek k izpostavljenosti prebivalstva poleg siceršnje izpostavljenosti naravnim radionuklidom.

6.1 Osnovne enačbe

Efektivno dozo sevanja, E , za posameznika iz starostne skupine prebivalstva, g , sestavljata efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja, E_z , ter predvidena efektivna doza na enoto vnosa zaradi notranjega obsevanja, E_n . Slednja je vsota dveh prispevkov, prvi je predvidena efektivna doza zaradi zaužitja trdne in tekoče hrane (ingestija), E_{ing} , in drugi predvidena efektivna doza zaradi vdihavanja radioaktivnih plinov in aerosolov (inhalacija), E_{inh} . Efektivna doza E je torej

$$E = E_z + E_{ing} + E_{inh} \quad (6.1)$$

Efektivna doza zaradi zunanjega obsevanja, E_z , je vsota dveh prispevkov, prvi je enak produktu hitrosti osebne ekvivalenta doze zunanjega sevanja, $H_p(10)/t$ (v $\mu\text{Sv/h}$) in času zadrževanja na prostem T_z (v urah), drugi pa je enak produktu hitrosti osebne ekvivalenta doze zunanjega sevanja, $H_p(10)/t$ (v $\mu\text{Sv/h}$), času zadrževanja v bivalnem okolju T_n in faktorju ščitenja $F = 0,9$ za prebivalce na deželi, za mestno populacijo pa lahko privzamemo faktor ščitenja $F = 0,95$, ker je manj travnatih površin, ki so kontaminirane s Cs-137,

$$E_z = \frac{H_p(10)}{t} T_z + \frac{H_p(10)}{t} T_n (1 - F) \quad (6.2)$$

Običajno se upošteva celotno število ur v tekočem letu, T , in delež zadrževanja na prostem 0,2 ter v bivalnem okolju 0,8, kar zapišemo

$$E_z = \frac{H_p(10)}{t} T (0,2 + 0,8(1 - F)) \quad (6.3)$$

Predvidena efektivna doza zaradi ingestije, E_{ing} , za posameznika iz prebivalstva za starostno skupino g je enaka produktu vnese aktivnosti $A_{j,ing}$ (v Bq) posameznega radionuklida j in predvidene efektivne doze na enoto vnosa $h(g)_{j,ing}$ zaradi zaužitja hrane (v Sv/kg), ter sešteta po vseh radionuklidih, ki jih upoštevamo pri oceni doze,

$$E_{ing} = \sum_j h(g)_{j,ing} A_{j,ing} \quad (6.4)$$

kjer je vnese aktivnost zaradi ingestije, $A_{j,ing}$, enaka produktu specifične aktivnosti radionuklida j , $c_{i,j,ing}$ (v Bq/kg) v posamezni vrsti hrane i in količini zaužite posamezne vrste hrane m_i (v kg) ter sešteta po vseh vrstah hrane i ,

$$E_{ing} = \sum_j c_{i,j,ing} m_i \quad (6.5)$$

Predvidena efektivna doza zaradi inhalacije, E_{inh} , za posameznika iz prebivalstva za starostno skupino g je enaka produktu vnese aktivnosti $A_{j,inh}$ (v Bq) posameznega radionuklida j in predvidene efektivne doze na enoto vnosa $h(g)_{j,inh}$ zaradi vdihavanja (v Sv/Bq), ter sešteta po vseh radionuklidih,

$$E_{inh} = \sum_j h(g)_{j,inh} A_{j,inh} \quad (6.6)$$

kjer je vnese aktivnost zaradi inhalacije, $A_{j,inh}$, enaka produktu specifične aktivnosti radionuklida j , v zraku, $c_{j,inh}$ (v Bq/m³), količini vdihanega zraka na uro Φ (v m³/h) in številu ur v predvidenem časovnem obdobju (tekoče leto), T (v urah),

$$A_{j,inh} = c_{j,inh} \Phi T \quad (6.7)$$

6.2 Uporabljeni podatki in predpostavke

Oceno efektivnih doz sevanja zaradi vnosa radionuklidov, ki so posledica jedrskih bombnih poskusov v preteklosti in černobilske nesreče, v organizmu s prehranjevanjem in vdihavanjem ter zaradi zunanjih doz za posamezne starostne skupine (dojenčki do enega leta starosti; otroci, stari od 7 do 12 let in odrasli, starejši od 17 let) smo naredili na podlagi rezultatov meritev specifičnih aktivnosti v vzorcih hrane, zraka in pitne vode. Meritev zunanjih doz gama sevanja s TL dozimetri ne upoštevamo, saj zaradi večje merilne negotovosti ne moremo izluščiti prispevka naravnega ozadja od prispevka dolgoživih radionuklidov zaradi jedrskih poskusov in nesreče v Černobilu. Rezultati so podani v μSv .

6.2.1 Umetni radionuklidi

Efektivne doze za vse tri starostne skupine smo ocenili le za umetna radionuklida, Cs-137 in Sr-90, ki sta posledica globalne kontaminacije zaradi černobilske nesreče in bombnih poskusov. Efektivno dozo zaradi H-3 smo ocenili samo za pitno vodo, v ostalih vzorcih hrane in zraka se H-3 ni določal. H-3 se določa samo v vzorcih hrane iz okolice NE Krško, kar je zajeto v programu meritev radioaktivnosti v okolici NEK.

6.2.2 Naravni radionuklidi

Doze za K-40 ne podajamo, saj dozimetrični modeli upoštevajo, da se nahaja K-40 v organizmu v homeostatskem ravnovesju, zato bi bili izračuni doz za ta izotop nerealni. Ocenili smo tudi efektivno dozo zaradi vnosa drugih naravnih radionuklidov v telo z

ingestijo in inhalacijo, vendar smatramo, da je število meritev premajhno in nereprezentativno, da bi lahko dobili prave povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti naravnih radionuklidov, ki se razlikujejo tudi za faktor 10 ali več v isti vrsti hrane. En sam lokalno odvzeti vzorec hrane je premalo za realno oceno doze, zato bi bile ocenjene doze lahko previsoke. Poleg tega so detekcijske meje merilnih metod blizu vrednostim specifičnih aktivnosti v vzorcih, meritev pa je obremenjena z veliko negotovostjo. Zato doz zaradi naravnih radionuklidov ne poročamo, v informacijo podajamo le izračun za Pb-210, zaradi njegovega visokega pretvorbenega doznega faktorja.

6.2.3 Starostne skupine

Do leta 2003 se je ocenjevala efektivna doza za dve starostni skupini, in sicer za otroke do 5 let in odrasle. Na podlagi pravilnika SV5 [3] se ocenjujejo efektivne doze za tri starostne skupine, in sicer dojenčke do enega leta starosti, otroke stare od 7 do 12 let in odrasle.

6.2.4 Prehranjevalne predpostavke

Po podatkih iz kuhinje Pediatrične klinike v Ljubljani (marec 2005) popijejo dojenčki do šestega meseca od 0,6–1,0 litra mleka na dan. Po šestih mesecih se količina mleka zmanjša na 0,5–0,7 litra na dan, ker začnejo uživati sadje, zelenjavo in meso. V naši oceni smo za dojenčke upoštevali podatke Pediatrične klinike v Ljubljani, ki so navedeni v tabeli 6.1.

Za otroke od 7 do 12 let smo upoštevali podatke IAEA (za Nemčijo), tabela III [29], ki združuje podatke o porabi hrane za otroke od 7 do 12 let, ker za Slovenijo ni ustreznih podatkov za to starostno skupino.

Za odrasle smo upoštevali podatke Statističnega urada RS za leto 2004 [30]. V primeru odraslih smo poleg statističnega povprečja upoštevali dve referenčni skupini prebivalstva, živečih v urbanem in ruralnem območju, ki imajo hipotetično različne prehranjevalne navade (za ti dve skupini so količine arbitrarno popravljene).

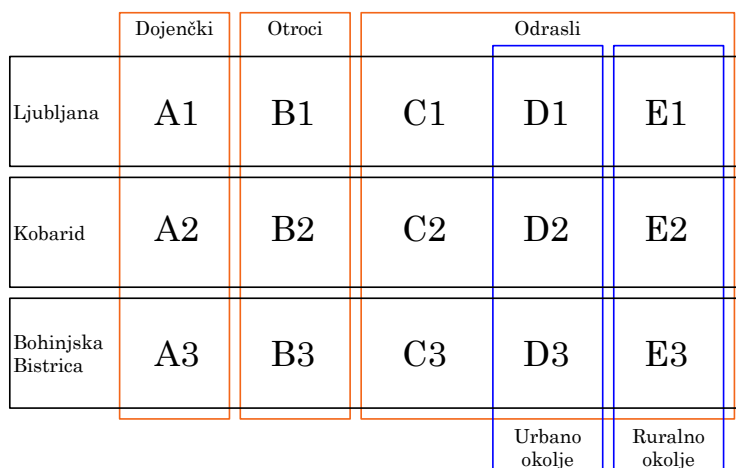
Privzete količine zaužite hrane in vode so podane v tabeli 6.1.

Tabela 6.1: Podatki o letni količini zaužite hrane za starostne skupine

Starostna skupina	Povprečna količina zaužite hrane v enem letu (kg)							(m ³)
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	
dojenčki	22,5	22,5	11,0	7,5	199,4	199,4	199,4	0,165
7-12 let	76,3	37,6	55,8	71,9	73,0	73,0	73,0	0,465
odrasli	93,1	63,0	87,5	58,7	87,5	87,5	87,5	0,75
v mestu	100,0	85,0	99,0	86,0	150,0	150,0	150,0	0,75
na podeželju	110,0	95,0	108,0	76,0	142,0	142,0	142,0	0,9

Zaradi lokalnih posebnosti zaradi povišanih vrednosti Cs-137 kot posledica črnobilske nesreče smo naredili oceno doz zaradi ingestije mleka za tri lokacije, in sicer za Ljubljano (kot slovensko povprečje) ter za Kobarid in Bohinjsko Bistrico (povišane vrednosti).

Oceno doz opišemo tako za tri starostne skupine prebivalstva, upoštevamo različne lokacije zaradi ingestije mleka ter različne prehranjevalne navade prebivalcev v urbanem in ruralnem območju. Razdelitev skupin je shematsko predstavljena na spodnji sliki 6.1, kjer so posamezne podmnžice prebivalstva Slovenije označene z oznakami od A1 do E3.



Slika 6.1: Shematski prikaz določitve različnih starostnih in referenčnih skupin, ki so specifične bodisi zaradi lokacije bodisi prehranjevalnih navad,

6.2.5 Privzete specifične aktivnosti

Povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti umetnih radionuklidov – Cs-137, Sr-90 in H-3 – v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2013 so predstavljene v tabeli 6.2. Podatke za naravni radionuklid Pb-210 podajamo le informativno.

Za inhalacijo zraka v izračunih doz upoštevamo slovensko povprečje izmerjene vrednosti na vseh treh merskih lokacijah.

Tabela 6.2: Povprečne specifične aktivnosti sevalcev gama in Sr-90 ter H-3 v hrani, pitni vodi in zraku za leto 2013

Izotop	Privzete specifične aktivnosti vzorcev (Bq/kg)							(Bq/m ³)	(μBq/m ³)
	zelenjava	sadje	moka	meso	mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	voda	zrak
Cs-137	0,03	0,02	0,02	0,14	0,04	0,08	0,15	0,15	2,9
Sr-90	0,03	0,01	0,02	0,02	0,04	0,05	0,02	1,50	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	700	0
Pb-210	0,56	0,13	0,46	0,20	0,10	0,09	0,06	1,30	690

moka = moka, kruh, žitarice; meso = živila živalskega izvora; Pb-210 – le informativno

6.3 Doza zaradi ingestije in inhalacije

Pri oceni efektivne doze zaradi vnosa z ingestijo smo upoštevali enačbi 6.3 in 6.4, podatke o količini zaužite hrane za različne starostne skupine iz tabele 6.1 in povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti radionuklidov v različnih vrstah hrane in pitne vode iz tabele 6.2, pri mleku smo upoštevali specifične aktivnosti za Ljubljano, Kobarid in Bohinjsko Bistrico. Vrednosti iz Ljubljane upoštevamo za slovensko povprečje, vrednosti iz Kobarida in Bohinjske Bistrice pa za lokalno posebnost zaradi povišanih vrednosti Cs-137 kot posledico černobilske nesreče. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje iz uredbe UV2 [4].

V tabeli 6.6 so prikazane efektivne doze zaradi ingestije posamezne vrste hrane in vode ter zaradi inhalacije za dojenčke do 1 leta, otroke od 7 do 12 let in za odrasle za

umetne radionuklide v hrani. Doze zaradi inhalacije dobimo ob upoštevanju koncentracij radionuklidov, izmerjenih v Ljubljani.

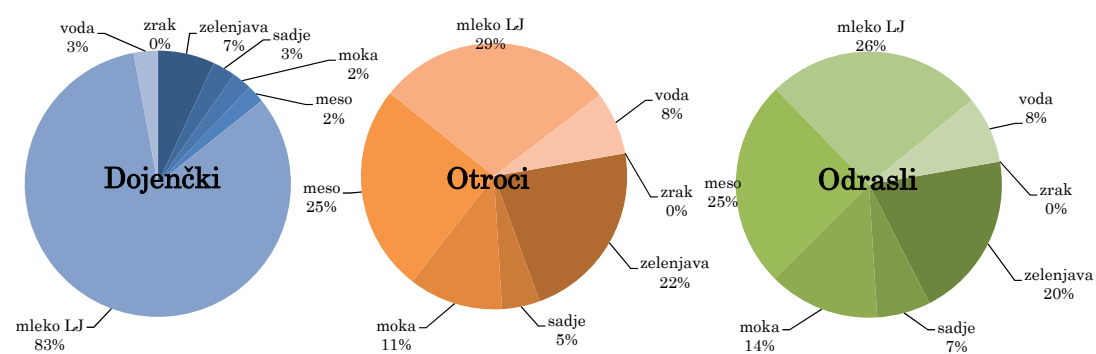
V tabeli 6.3 so prikazane izračunane efektivne doze prejete zaradi ingestije in inhalacije dolgoživih črnobilskih cepitvenih produktov - Cs-137 in Sr-90 (vpliv H-3 je zanemarljiv). Doza za odraslega prebivalca je v letu 2013 ocenjena na $0,5 \pm 0,2 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz omenjene tabele.

Efektivne doze v letu 2013 zaradi ingestije so primerljive s prejšnjimi leti (od 2003 dalje). V letu 2008 je opazna rahlo višja ocenjena vrednost, ki je posledica predvsem višje povprečne vrednosti Sr-90 v izbranih vzorcih zelenjave. V letu 2013 smo posodobili podatke o prehrani odraslih, kjer smo našli najnovejše podatke objavljene v letu 2006 [30], a se ti ne razlikujejo bistveno od starih.

Ocenjene efektivne doze zaradi inhalacije so za vse tri starostne skupine iz prebivalstva, dojenčke do enega leta, otroke od 7 – 12 let in odrasle, v letu 2013 nižje od 1 nSv.

Za naravne radionuklide v tabeli 6.4 le informativno podajamo efektivno dozo samo zaradi ingestije in inhalacije Pb-210, ki ima velik dozni pretvorbeni faktor. Najvišja vrednost je za dojenčke do enega leta starosti in znaša $365 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let znaša $188 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $91 \mu\text{Sv}$, kjer upoštevamo ingestijo mleka v Ljubljani.

Na sliki 6.2 smo za primer vnosa ljubljanskega mleka analizirali relativne prispevke posameznih vrst hrane, vode in zraka k skupni dozi zaradi ingestije in inhalacije. Pri dojenčkih k dozi zaradi specifične prehrane prevladuje prispevek mleka (več kot polovico). Pri otrocih in odraslih je približno primerljiv prispevek zaradi uživanja mesa, moke oziroma žitnih izdelkov ter zelenjave in sadja (vsak po približno slabo tretjino).



Slika 6.2: Relativni prispevki k dozi zaradi ingestije in inhalacije posameznih vrst hrane, vode in zraka za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)

Če primerjamo prispevke po posameznih izotopih, največ k dozi prispeva Sr-90, delež H-3 je zanemarljiv, preostalo gre na račun Cs-137. Prispevek Sr-90 k dozi zaradi ingestije in inhalacije za dojenčke znaša 90%, za otroke 70% in za odrasle 55%, kot je tudi prikazano na sliki 6.3.

6.4 Doza zaradi zunanjega sevanja

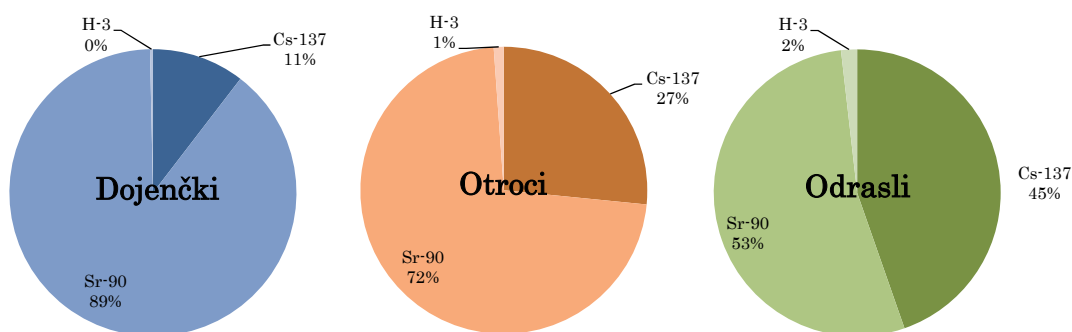
Povprečni letni okoliški ekvivalent doze $H^*(10)$ zaradi zunanjega sevanja v letu 2013 je bil $877 \mu\text{Sv}$. Ker je ocena črnobilske doze zunanjega sevanja na osnovi meritev TL dozimetrom zelo konservativna in ker je negotovost podatkov izmerjenih pred letom 1986 velika, smo ocenili dozo zunanjega sevanja s pomočjo globinske porazdelitve črnobilskega Cs-137 v zemlji [31]. Izotop v zemlji ni več porazdeljen eksponentno, kot v prvih letih

Tabela 6.3: Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije umetnih radionuklidov za različne skupine prebivalstva v letu 2013.

	zelenjava	sadje	moka	meso	vrsta vzorca				
					mleko _L	mleko _{KO}	mleko _{BB}	voda	zrak
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - dojenčki (μSv)								
Cs-137	1,37·10 ⁻²	9,45·10 ⁻³	4,85·10 ⁻³	2,21·10 ⁻²	1,80·10 ⁻¹	3,31·10 ⁻¹	3,22·10 ⁻¹	5,20·10 ⁻⁴	9,08·10 ⁻⁵
Sr-90	1,40·10 ⁻¹	5,18·10 ⁻²	4,81·10 ⁻²	2,59·10 ⁻²	1,65	2,48	7,34·10 ⁻¹	5,69·10 ⁻²	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	7,39·10 ⁻³	0
Skupaj	1,5±0,7·10 ⁻¹	6,1±5,3·10 ⁻²	5,3±4,9·10 ⁻²	4,8±4,5·10 ⁻²	1,8±0,6	2,8±0,3	1,1±0,3	6,5±3,4·10 ⁻²	9,1±6,7·10 ⁻⁵
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μSv)								
Cs-137	2,21·10 ⁻²	7,52·10 ⁻³	1,17·10 ⁻²	1,01·10 ⁻¹	3,14·10 ⁻²	5,77·10 ⁻²	5,62·10 ⁻²	6,98·10 ⁻⁴	1,25·10 ⁻⁴
Sr-90	1,24·10 ⁻¹	2,26·10 ⁻²	6,36·10 ⁻²	6,47·10 ⁻²	1,58·10 ⁻¹	2,37·10 ⁻¹	7,01·10 ⁻²	4,19·10 ⁻²	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	7,49·10 ⁻³	0
Skupaj	1,5±0,7·10 ⁻¹	3,0±2,4·10 ⁻²	7,5±6,7·10 ⁻²	1,7±1,8·10 ⁻¹	1,9±0,5·10 ⁻¹	2,9±0,3·10 ⁻¹	1,3±0,3·10 ⁻¹	5,0±2,5·10 ⁻²	1,3±0,9·10 ⁻⁴
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μSv)								
Cs-137	3,51·10 ⁻²	1,64·10 ⁻²	2,39·10 ⁻²	1,07·10 ⁻¹	4,89·10 ⁻²	8,99·10 ⁻²	8,76·10 ⁻²	1,46·10 ⁻³	1,48·10 ⁻⁴
Sr-90	7,04·10 ⁻²	1,76·10 ⁻²	4,66·10 ⁻²	2,47·10 ⁻²	8,82·10 ⁻²	1,32·10 ⁻¹	3,92·10 ⁻²	3,15·10 ⁻²	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	9,45·10 ⁻³	0
Skupaj	1,1±0,5·10 ⁻¹	3,4±2,4·10 ⁻²	7,0±6,2·10 ⁻²	1,3±1,8·10 ⁻¹	1,4±0,3·10 ⁻¹	2,2±0,2·10 ⁻¹	1,3±0,2·10 ⁻¹	4,2±1,9·10 ⁻²	1,5±1,1·10 ⁻⁴
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje (μSv)								
Cs-137	3,77·10 ⁻²	2,21·10 ⁻²	2,70·10 ⁻²	1,57·10 ⁻¹	8,39·10 ⁻²	1,54·10 ⁻¹	1,50·10 ⁻¹	1,46·10 ⁻³	1,48·10 ⁻⁴
Sr-90	7,56·10 ⁻²	2,38·10 ⁻²	5,27·10 ⁻²	3,61·10 ⁻²	1,51·10 ⁻¹	2,27·10 ⁻¹	6,72·10 ⁻²	3,15·10 ⁻²	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	9,45·10 ⁻³	0
Skupaj	1,1±0,5·10 ⁻¹	4,6±3,2·10 ⁻²	8,0±7,0·10 ⁻²	1,9±2,6·10 ⁻¹	2,4±0,5·10 ⁻¹	3,8±0,7·10 ⁻¹	2,2±0,4·10 ⁻¹	4,2±1,9·10 ⁻²	1,5±1,1·10 ⁻⁴
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje (μSv)								
Cs-137	4,15·10 ⁻²	2,47·10 ⁻²	2,95·10 ⁻²	1,38·10 ⁻¹	7,94·10 ⁻²	1,46·10 ⁻¹	1,42·10 ⁻¹	1,46·10 ⁻³	1,48·10 ⁻⁴
Sr-90	8,32·10 ⁻²	2,66·10 ⁻²	5,75·10 ⁻²	3,19·10 ⁻²	1,43·10 ⁻¹	2,15·10 ⁻¹	6,36·10 ⁻²	3,15·10 ⁻²	0
H-3	0	0	0	0	0	0	0	9,45·10 ⁻³	0
Skupaj	1,2±0,5·10 ⁻¹	5,1±3,6·10 ⁻²	8,7±7,7·10 ⁻²	1,7±2,3·10 ⁻¹	2,2±0,5·10 ⁻¹	3,6±0,4·10 ⁻¹	2,1±0,4·10 ⁻¹	4,2±1,9·10 ⁻²	1,5±1,1·10 ⁻⁴

Tabela 6.4: Efektivne doze zaradi ingestije in inhalacije Pb-210 (le informativno) za različne skupine prebivalstva v letu 2013.

zelenjava	sadje	moka	meso	vrsta vzorca				voda	zrak
				mleko _{LJ}	mleko _{KO}	mleko _{BB}	dojenčki (μSv)		
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - dojenčki (μSv)								
Pb-210	106	25,2	42,5	12,4	172	145	93,5	1,80	4,77
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - otroci (μSv)								
Pb-210	81,5	9,53	48,8	27,0	14,2	1,2	7,74	1,80	5,45
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - splošno (μSv)								
Pb-210	36,1	5,80	27,8	8,00	6,19	5,21	3,37	6,73·10 ⁻¹	6,36
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - urbano okolje (μSv)								
Pb-210	38,8	7,82	31,4	11,7	10,6	8,93	5,78	6,73·10 ⁻¹	6,36
Izotop	Letna efektivna doza - ingestija in inhalacija - odrasli - ruralno okolje (μSv)								
Pb-210	42,7	8,74	34,3	10,4	10,0	8,46	5,47	6,73·10 ⁻¹	6,36



Slika 6.3: Relativni prispevki k dozi posameznih radionuklidov za tri starostne skupine prebivalstva (ljubljsko mleko)

po nesreči, pač pa se je vrh premaknil v globlje plasti. Globina vrha je odvisna od lastnosti zemlje. Porazdelitev tako lahko deloma opišemo z Gaussovo funkcijo [32]. Širina porazdelitve pa je prav tako odvisna od definicijskih lastnosti zemlje. S pomočjo te metode smo iz meritev koncentracij Cs-137 v zemlji ocenili dozo zunanega sevanja za različne starostne in referenčne skupine prebivalstva. Pri tem smo tudi upoštevali različne deleže zadrževanja na prostem ali v zaprtih prostorih ter faktorje ščitenja v zaprtih prostorih (v mestih večje, na deželi manjše - glej tabelo 6.5).

Tabela 6.5: Predpostavke o deležih zadrževanja v zaprtih prostorih in na prostem za izračun doz zunanega sevanja

Lokacija	delež časa zadrževanja		faktor ščitenja
	v zaprtih prostorih	na prostem	v zaprtih prostorih
slovensko povprečje	0,8	0,2	0,9
urbana področja	0,8	0,2	0,95
ruralna področja	0,7	0,3	0,85

V tabeli 6.6 so prikazane izračunane efektivne doze prejete zaradi zunanega obsevanja zaradi črnobilskega Cs-137 v zemlji. Doza za odraslega prebivalca Slovenije je v letu 2013 ocenjena na $6,2 \pm 0,3 \mu\text{Sv}$, za ostale skupine prebivalstva z upoštevanjem nekaterih posebnosti so doze višje, kot je razvidno iz tabele 6.6. Upoštevali smo dozne pretvorbene faktorje med Gy in Sv za različne starostne skupine prebivalcev po UNSCEAR poročilu iz leta 2000, in sicer 0,91 za dojenčke, 0,79 za otroke in 0,69 za odrasle. Ti pretvorbene faktorji so konservativni, saj temeljijo na naravnih radionuklidih K-40, Th-232 in U-239, ker pa v izračunu doz upoštevamo le Cs-137, bi bili ti faktorji v skladu s priporočili ICRU Report 57 lahko 20% nižji.

Doza za odraslega prebivalca ocenjena pred tem je bila v letu 2012 $7,7 \mu\text{Sv}$, v letu 2011 $7,0 \mu\text{Sv}$, v letu 2010 $7,8 \mu\text{Sv}$, v letu 2009 $7,6 \mu\text{Sv}$, v letu 2008 $6,7 \mu\text{Sv}$, v letu 2007 $4,8 \mu\text{Sv}$, v letu 2006 $1,45 \mu\text{Sv}$, v letu 2005 $4,8 \mu\text{Sv}$ ter v letih 2004 in 2003 $6,5 \mu\text{Sv}$. Drugačni oceni doze v letih 2006 in 2008 sta posledica druge lokacije vzorčenja zemlje v Ljubljani in vzorčevalca, kot je bila pred letom 2006 in nato ponovno v 2007. V vseh teh letih je bilo mesto odvzema vzorcev na lokaciji ob Cesti dveh cesarjev, v letih 2006 in 2008 je bila lokacija vzorčenja na Rektorskem izobraževalnem centru v Podgorici. Od leta 2009 dalje je lokacija ponovno ob Cesti dveh cesarjev. Specifične aktivnosti izmerjene v vzorcih zemlje iz lokacije na Rektorskem centru so nekajkrat nižje od

tistih iz lokacije ob Cesti dveh cesarjev. Primerjava ocenjenih doz v preteklih letih nam pokaže, da je bila černobilska kontaminacija precej neenakomerna in da je lahko Cs-137 zaradi razgibanosti terena ter difuzijskih lastnosti zemlje difundiral do različnih globin na posameznih lokacijah. Zato smo ocenili tudi dozo zunanjega sevanja na dveh ostalih lokacijah z lokalno višjimi vrednostmi Cs-137 - Kobarid in Bohinjska Bistrica (za slednjo privzamemo enako vrednost kot za Kobarid, saj tam zemlje ne vzorčimo). Rezultati prejetih letnih doz za vse referenčne skupine so navedene v tabeli 6.6.

6.5 Skupna ocena doze

Na osnovi povprečne vrednosti specifičnih aktivnosti dolgoživih umetnih radionuklidov v vzorcih zraka, vode in hrane, odvzetih v letu 2013, povprečnem letnem vnosu posameznih vrst hrane in pitne vode ter ob upoštevanju doznih pretvorbenih faktorjev v uredbi UV2 [4] smo ocenili pričakovano efektivno dozo:

- za dojenčke do enega leta starosti,
- za otroke od 7 do 12 let in
- za odrasle.

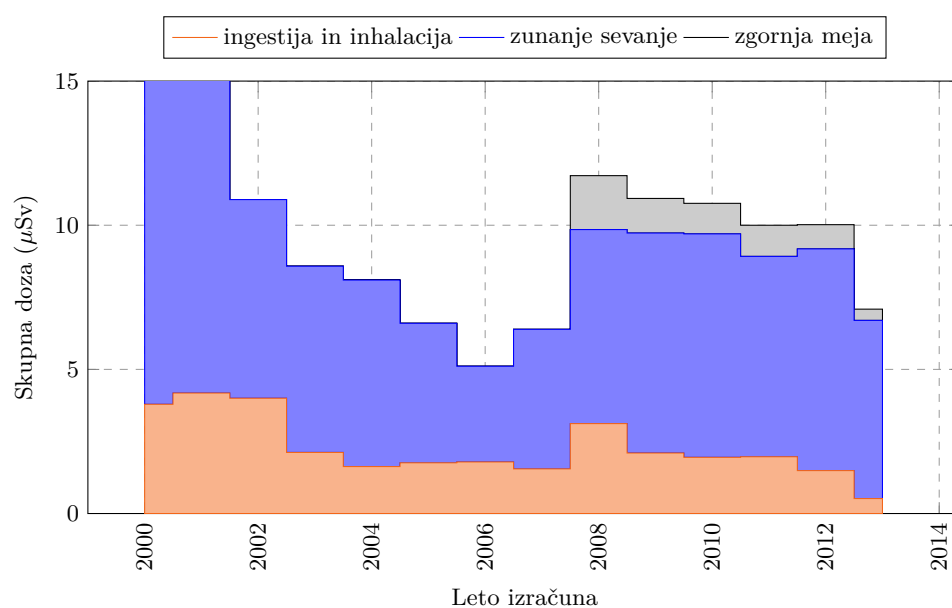
Izračun efektivnih doz smo naredili za različne referenčne skupine prebivalstva (slika 6.1), ki odražajo starostne skupine splošnih predstavnikov prebivalstva, kakor tudi specifične skupine bodisi zaradi lokalnih posebnosti, načinov prehranjevanja, bivanja ipd. Namesto negotovosti ocene doze je v našem primeru bolj smiselno podati zgornjo mejo letne doze, saj je razpon vrednosti predvsem posledica povprečenja vrednosti radionuklidov v posameznih vrstah vzorcev. Rezultati ocenjenih doz so prikazani na sliki 6.6.

Skupna efektivna doza (zgornja meja) za odrasle zaradi vnosa umetnih radionuklidov v telo z ingestijo in inhalacijo ter zaradi zunanjega obsevanja tal znaša $< 7,1 \mu\text{Sv}$ na leto za odrasle, $< 8,2 \mu\text{Sv}$ na leto za otroke od 7. do 12. leta starosti in $< 12,2 \mu\text{Sv}$ na leto za dojenčke. V hrani večji del doze prispeva Sr-90, k zunanjemu sevanju pa k dozi največ prispeva Cs-137.

Na sliki 6.4 je prikazana časovna odvisnost ocenjenih efektivnih doz za odraslega prebivalca Slovenije za obdobje od leta 2000 dalje. Na graf je prikazana ločena doza zaradi prispevkov ingestije in inhalacije oziroma zunanjega sevanja. Padec doze zunanjega obsevanja v letu 2002 je posledica spremenjene metodologije vrednotenja doz. Do leta 2001 se je namreč dozo zunanjega sevanja zaradi černobilske kontaminacije ocenjevalo iz odčitkov TL dozimetrom, kar je bilo obremenjeno z veliko negotovostjo meritve (ocenjeni vrednosti dozi zunanjega sevanja sta znašali $53,7 \mu\text{Sv}$ v letu 2000 in $50,0 \mu\text{Sv}$ v letu 2001).

Tabela 6.6: Obsevna obremenitev prebivalstva v letu 2013 zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi

Starostna skupina	Prehrambene Mleko navade	referenčna skupina	Ingestija in inhalacija (μSv)	Doza zunanje sevanja (μSv)	Skupna letna doza (μSv)	Zgornja meja (μSv)
dojenčki do 1 leta starosti	Pediatrična klinika	LJ KO BB	A1 A2 A3	$2,2 \pm 1,8$ $3,2 \pm 2,8$ $1,4 \pm 1,1$	$8,1 \pm 0,4$ $12,1 \pm 0,2$ $12,1 \pm 0,2$	$10,4$ $15,3$ $13,6$
otroci od 7 do 12 let	IAEA podatki	LJ KO BB	B1 B2 B3	$0,7 \pm 0,3$ $0,8 \pm 0,4$ $0,6 \pm 0,3$	$7,1 \pm 0,4$ $10,5 \pm 0,2$ $10,5 \pm 0,2$	$7,7$ $11,3$ $11,1$
odrasli	statistični podatki	LJ KO BB	C1 C2 C3	$0,5 \pm 0,2$ $0,6 \pm 0,3$ $0,5 \pm 0,2$	$6,2 \pm 0,3$ $9,2 \pm 0,2$ $9,2 \pm 0,2$	$6,7$ $9,8$ $9,7$
		LJ KO BB	D1 D2 D3	$0,7 \pm 0,3$ $0,9 \pm 0,5$ $0,7 \pm 0,3$	$5,3 \pm 0,3$ $7,9 \pm 0,1$ $7,9 \pm 0,1$	$6,0$ $8,7$ $8,6$
		LJ KO BB	E1 E2 E3	$0,7 \pm 0,3$ $0,8 \pm 0,4$ $0,7 \pm 0,3$	$8,9 \pm 0,4$ $13,3 \pm 0,2$ $13,3 \pm 0,2$	$9,6$ $14,1$ $14,0$
	urbano okolje	LJ KO BB				
		LJ KO BB				
		LJ KO BB				
	ruralno okolje	LJ KO BB				
		LJ KO BB				
		LJ KO BB				
		LJ KO BB				



Slika 6.4: Predvidena efektivna doza H_E zaradi kontaminacije okolja z dolgoživimi umetnimi radionuklidi za odrasle (slovensko povprečje) za obdobje od leta 2000 dalje

7 — Zaključki

7.1 Ugotovitve

V splošnem lahko rečemo, da je obremenitev prebivalca Slovenije zaradi prisotnosti umetnih radionuklidov v okolju kot posledica černobilske kontaminacije in bombnih poskusov nekaj μSv letno. Določene letne variacije v oceni doze so posledica posameznih vzorcev z večjimi ali manjšimi koncentracijami radionuklidov ter seveda negotovosti meritev.

Vpliv izpustov zaradi jedrske nesreče v Fukušimi 11. marca 2011 je bil v Sloveniji zanemarljiv. Nekaj mesecev po nesreči so bile merljive le vsebnosti izotopov I-131 in Cs-134 v zraku in padavinah, in sicer v marcu, aprilu ter delno maju 2011.

Na podlagi meritev radioaktivnosti življenjskega okolja Republike Slovenije v letu 2013 ugotavljamo, da so bile specifične aktivnosti umetnih radionuklidov v hrani in zraku okrog 1% od mejnih vrednosti, predpisanih v Uredbi o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih (Ur. list RS, št. 49, 2004).

Letne efektivne doze zaradi ingestije umetnih radionuklidov in letne doze zaradi izpostavljenosti zunanjem sevanju so v okviru povprečnih svetovnih vrednosti, navedenih v poročilih UNSCEAR 2000 [33] in UNSCEAR 2006 [34].

7.2 Priporočila

Že več let ugotavljamo, da je večina aktivnosti umetnih radionuklidov, ki je posledica radioaktivnega useda po černobilski nesreči že migrirala v nižje plasti zemlje (od 15 cm).

Priporočilo 7.1 Zaradi poznavanja dolgoročnega obnašanja in migracije radionuklidov v zemlji predlagamo, da bi bilo smiselno začeti tudi z vzorčevanjem in analizo globljih plasti zemlje od 15 do 30 cm. ■

Prav tako že več let zapored opazujemo anomalijo s povečano vsebnostjo K-40 v vzorcih vode v reki Savinji na lokaciji pod Celjem, ki za en do dva velikostna reda presega vrednosti v drugih rekah. Anomalija v vzorcih iz leta 2013 sicer ni tako izrazita, kot v prejšnjih letih.

Priporočilo 7.2 Predlagamo izdelavo projektne naloge, kjer bi z dodatnim vzorčenjem (zrak, zemlja, druge lokacije) pojasnili takšne anomalije. ■

V letošnjem letu smo izvedli podrobnejšo analizo sezonskih variacij aktivnosti Cs-137 v zraku. Iz literature [17] je bilo zaslediti, da so povišane vsebnosti v zraku lahko posledica povišane uporabe drv in lesnih kuriv. Hipotezo smo potrdili z analizo mesečnih rezultatov, ki smo jih primerjali z nekaterimi drugimi parametri kakovosti zraka.

Priporočilo 7.3 Predlagamo izdelavo projektne naloge, kjer bi s posebnim programom vzorčenja zraka in vzorcev lesa (drva, peleti, briketi) preverili in potrdili razloge za zgoraj omenjene sezonske variacije Cs-137. ■

V povezavi z zgornjimi ugotovitvami o sezonski odvisnosti aktivnosti Cs-137 v zraku, hkrati ugotavljamo, da so te bistveno nižje v toplih mesecih (t.j. izven kurilne sezone). Posledično se Cs-137 tipično v takšnih mesečnih vzorcih zazna le v sledeh oziroma so aktivnosti pod mejo detekcije.

Priporočilo 7.4 Izvajalcem meritev radioaktivnosti predlagamo, da vzorce zraka polletnih mesecev vzorčijo in merijo pod takšnimi pogoji (volumen vzorca, občutljivost detektorja, trajanje meritve ipd.), da so detekcijske meje precej znižane in na ta način dobljene vrednosti odražajo realnejše stanje spremljanja sezonskih variacij in dolgoročnih trendov. ■



Literatura

- [1] Državni zbor RS. Zakon o varstvu pred ionizirajočimi sevanji in jedrski varnosti. Ur. list RS št. 102, 2004, 60/2011, 2011.
- [2] Ministrstvo za okolje in prostor. Pravilnik o monitoringu radioaktivnosti. Ur. list RS št. 20/2007, 97/2009, 2009.
- [3] Ministrstvo za zdravje. Pravilnik o pogojih in metodologiji ocenjevanja doz pri varstvu delavcev in prebivalstva pred ionizirajočimi sevanji. Ur. list RS št. 115/2003, 2003.
- [4] Vlada RS. Uredba o mejnih dozah, radioaktivni kontaminaciji in intervencijskih nivojih. Ur. list RS št. 49/2004, 2004.
- [5] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju januar – marec 2013. Technical Report LMSAR-20130010-A-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2013.
- [6] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju april – junij 2013. Technical Report LMSAR-20130010-B-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2013.
- [7] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju julij – september 2013. Technical Report LMSAR-20130010-C-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2013.
- [8] ZVD. Trimesečno poročilo o izvajanju monitoringa radioaktivnosti v življenjskem okolju v republiki sloveniji v obdobju oktober – december 2013. Technical Report LMSAR-20130010-E-MG, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2014.
- [9] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. Technical Report 5/2014, Institut "Jožef Stefan", 2014.
- [10] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2013 - faza 1 (sklop 1). Technical Report LMSAR-81/2013-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2013.

- [11] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2013 - faza 2 (sklop 1). Technical Report LMSAR-100/2013-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2013.
- [12] ZVD. Poročilo o opravljenih meritvah specifičnih aktivnosti v okviru monitoringa radioaktivnosti živil v rs za leto 2013 - faza 3 (sklop 1. Technical Report LMSAR-11/2014-PJ, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2014.
- [13] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama in beta. Technical Report 55/2013, Institut "Jožef Stefan", 2013.
- [14] IJS. Letno poročilo o opravljenih meritvah aktivnosti sevalcev gama. Technical Report 51/2013, Institut "Jožef Stefan", 2013.
- [15] ZVD. Letna poročila o radioaktivnosti v življenjskem okolju slovenije. Technical report, ZVD Zavod za varstvo pri delu, od 1964 dalje.
- [16] IJS. Letna poročila o nadzoru radioaktivnosti v okolici Nuklearne elektrarne Krško. Technical report, Institut "Jožef Stefan", od 2003 dalje.
- [17] S. Stoulos, A. Ioannidou, E. Vagena, P. Koseoglou, and M. Manolopoulou. Post-Chernobyl Cs-137 in the atmosphere of Thessaloniki: a consequence of the financial crisis in greece. *Journal of Environmental Radioactivity*, 128:68–74, 2014.
- [18] Agencija RS za okolje. Povprečna mesečna koncentracija delcev pm10 v letu 2013. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/PM10_dec013_slo.pdf, 2014.
- [19] Agencija RS za okolje. Državne evidence izpustov onesnaževal zrak, preglednica zr15-2: Struktura izpustov delcev različnih velikosti leta 2011 glede na vir onesnaževanja. http://kazalci.arso.gov.si/xml_table?data=graph_table&graph_id=10448&ind_id=545, 2013.
- [20] M. Hus, Košutić. K., and S. Lulić. Radioactive contamination of wood and its products. *Journal of Environmental Radioactivity*, 55(2):179–186, 2001. ISSN 0265-931X. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X\(00\)00191-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0265-931X(00)00191-0). URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X00001910>.
- [21] I. Suchara, P. Rulík, J. Hůlka, and H. Pilátová. Retrospective determination of Cs-137 specific activity distribution in spruce bark and bark aggregated transfer factor in forests on the scale of the Czech Republic ten years after the Chernobyl accident. *Science of the Total Environment*, 409(11):1927–1934, 2011.
- [22] I. Lovrenčić, M. Volner, D. Barišić, M. Popijac, N. Kezić, I. Seletković, and S. Lulić. Distribution of Cs-137 , K-40 and Be-7 in silver fir-tree (*abies alba* l.) from gorski kotar, croatia. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 275(1):71–79, 2008. ISSN 0236-5731. doi: 10.1007/s10967-007-7009-2. URL <http://dx.doi.org/10.1007/s10967-007-7009-2>.
- [23] A. H. Rantavaara, L. J. Aro, A. H. Rantavaara, and L. J. Aro. Radiological impact of using forest tree biomass for energy and recycling the ash. *Radioprotection*, 44:927–932, 1 2009. ISSN 1769-700X. doi: 10.1051/radiopro/20095165. URL http://www.radioprotection.org/article_S0033845109051655.

- [24] Space Weather Prediction Center U.S. Dept. of Commerce, NOAA. Recent solar indices. <http://www.swpc.noaa.gov/ftpdir/weekly/RecentIndices.txt>, 2014.
- [25] M. Yoshimori. Atmospheric transport inferred from seasonal variations in cosmogenic Be-7 concentrations. In *Proceedings of the 30th International Cosmic Ray Conference*, July 3–11, 2007 2007. Mérida, Yucatán.
- [26] H. W. Feely, R. J. Larsen, and C. G. Sanderson. Factors that cause seasonal variations in Beryllium-7 concentrations in surface air. *Journal of Environmental Radioactivity*, 9(3):223–249, 1989.
- [27] K. Tokieda, T. Yamanaka, K. Harada, and S. Tsunogai. Seasonal variations of residence time and upper atmospheric contribution of aerosols studied with Pb-210, Bi-210, Po-210 and Be-7. *Tellus B*, 48(5):690—702, 1996.
- [28] P. Jovanovič. Radioaktivna kontaminacija alpskega predela slovenije kot posledica černobilske nesreče in jedrskih poskusov. Technical report, ZVD Zavod za varstvo pri delu, 2004.
- [29] IAEA. *Assessment of doses to the public from ingested radionuclides*. IAEA Safety Reports Series 14. International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 1999.
- [30] Statistični urad RS. Anketa o porabi v gospodinjstvih, slovenija, 2004 - količina porabljenih živil in pijač na člana gospodinjstva, letno povprečje, 2004. <http://www.stat.si/PrikaziDatoteko.aspx?id=247>, 2006.
- [31] A. Likar, T. Vidmar, and B. Pucelj. Monte Carlo determination of gamma-ray dose rate with the GEANT system. *Health Physics*, 75(2):165–169, 1998.
- [32] A. Likar, G. Omahen, M. Lipoglavšek, and T. Vidmar. A theoretical description of diffusion and migration of Cs-137 in soil. *Journal of Environmental Radioactivity*, 57:191–201, 2001.
- [33] UNSCEAR. *Sources and Effects of Ionizing Radiation, Volume I – Annex A: Dose Assessment Methodologies*. UNSCEAR Report 2000. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna, Austria, 2000.
- [34] UNSCEAR. *Effects of ionizing radiation, Volume I – Annex A: Epidemiological studies of radiation and cancer*. UNSCEAR Report 2006. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, Vienna, Austria, 2008.

Zrak
Padavine
Tekoče vode
Zemlja
Sedimenti
Zunanje sevanje
Pitna voda
Hrana
Krmila

A — Rezultati meritev

A.1 Zrak

Tabela A.1: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Jareninski vrh **ZVD**

Oznaka vzorca	ZRJV0113	ZRJV0213	ZRJV0313	ZRJV0413	ZRJV0513	ZRJV0613	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Polletno
Datum mer.	05.02.13	13.03.13	09.04.13	09.05.13	05.06.13	08.07.13	mesečno
Kol. vz. (m ³)	15810	25027	37020	35469	36846	32664	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	8,2E-6 ± 6E-6	8,6E-6 ± 4E-6	< 1,4E-5	6,7E-6 ± 2E-6	5,5E-5 ± 3E-6	1,9E-5	
Ra-226	3,9E-6 ± 9E-7	5,6E-6 ± 6E-7	2,8E-6 ± 3E-7	4,2E-6 ± 4E-7	2,9E-6 ± 4E-7	3,3E-6 ± 4E-7	3,8E-6
Pb-210	6,9E-4 ± 5E-5	4,9E-4 ± 4E-5	2,8E-4 ± 2E-5	3,0E-4 ± 2E-5	2,1E-4 ± 2E-5	3,4E-4 ± 4E-5	3,9E-4
Th (Ra-228)	7,1E-6 ± 3E-6	3,0E-6 ± 1E-6	1,1E-6 ± 7E-7	2,6E-6 ± 9E-7		1,5E-6 ± 1E-6	3,1E-6
Th-228	5,1E-6 ± 2E-6	2,2E-6 ± 1E-6			9,4E-7 ± 7E-7		2,7E-6
K-40	5,6E-4 ± 3E-5	3,6E-4 ± 2E-5	2,4E-4 ± 1E-5	2,6E-4 ± 2E-5	2,4E-4 ± 1E-5	2,7E-4 ± 1E-5	3,2E-4
Be-7	1,8E-3 ± 5E-5	1,3E-3 ± 4E-5	2,4E-3 ± 7E-5	3,1E-3 ± 9E-5	2,6E-3 ± 8E-5	3,7E-3 ± 2E-4	2,5E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,3E-6 ± 9E-7	1,7E-6 ± 3E-7	1,0E-6 ± 2E-7	< 2,1E-6	< 1,2E-6	< 1,8E-6	1,5E-6

Oznaka vzorca	ZRJV0713	ZRJV0813	ZRJV0913	ZRJV1013	ZRJV1113	ZRJV1213	
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	Letno
Datum mer.	06.08.13	05.09.13	07.10.13	06.11.13	10.12.13	02.01.13	
Kol. vz. (m ³)	36767	23136	35641	36190	35697	36898	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	< 4,8E-6	4,9E-6 ± 2E-6	4,6E-6 ± 2E-6	4,8E-6 ± 2E-6			1,2E-5
Ra-226	2,8E-6 ± 2E-7	4,7E-6 ± 4E-7	2,8E-6 ± 3E-7	3,4E-6 ± 3E-7	5,9E-6 ± 3E-7	3,4E-6 ± 3E-7	3,8E-6
Pb-210	3,0E-4 ± 3E-5	7,1E-4 ± 4E-5	3,3E-4 ± 3E-5	4,4E-4 ± 3E-5	2,9E-4 ± 2E-5	6,2E-4 ± 3E-5	4,2E-4
Th (Ra-228)		1,4E-6 ± 8E-7		1,2E-6 ± 8E-7	8,1E-7 ± 6E-7	9,6E-7 ± 5E-7	2,2E-6
Th-228	1,0E-6 ± 3E-7	4,6E-6 ± 7E-7		1,8E-6 ± 6E-7	9,1E-7 ± 6E-7	1,8E-5 ± 8E-7	4,3E-6
K-40	2,2E-4 ± 1E-5	3,9E-4 ± 2E-5	2,5E-4 ± 1E-5	2,4E-4 ± 1E-5	2,5E-4 ± 1E-5	2,7E-4 ± 1E-5	2,9E-4
Be-7	4,0E-3 ± 3E-4	6,6E-3 ± 2E-4	2,5E-3 ± 7E-5	2,9E-3 ± 8E-5	1,2E-3 ± 4E-5	2,2E-3 ± 6E-5	2,9E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	2,1E-7 ± 5E-8	< 1,2E-6	< 1,3E-6	< 1,4E-6	8,8E-7 ± 2E-7	2,2E-6 ± 2E-7	1,4E-6

ZVD

Tabela A.2: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zraka - Predmeja

Oznaka vzorca	ZRPM0113	ZRPM0213	ZRPM0313	ZRPM0413	ZRPM0513	ZRPM0613	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	Polletno
Datum mer.	05.02.13	11.03.12	09.04.13	08.05.13	04.06.13	05.07.13	mesečno
Kol. vz. (m ⁻³)	34325	31387	22127	32358	25639	23180	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)	1,1E-5 ± 4E-6	9,3E-6 ± 4E-6		4,4E-6 ± 2E-6	6,5E-6 ± 3E-6	3,9E-6 ± 2E-6	7,0E-6
Ra-226	5,1E-6 ± 5E-7	7,6E-6 ± 6E-7	5,9E-6 ± 7E-7	3,2E-6 ± 5E-7	2,9E-6 ± 4E-7		4,9E-6
Pb-210	9,4E-4 ± 1E-4	1,6E-4 ± 1E-5	7,4E-4 ± 8E-5	2,1E-4 ± 1E-5	2,7E-4 ± 1E-5	3,0E-4 ± 2E-5	4,4E-4
Th (Ra-228)		3,5E-6 ± 2E-6		1,7E-6 ± 9E-7	2,6E-6 ± 8E-7	2,2E-6 ± 1E-6	2,5E-6
Th-228			2,6E-6 ± 1E-6	1,4E-6 ± 8E-7	3,3E-6 ± 7E-7		2,4E-6
K-40	3,5E-4 ± 2E-5	2,7E-4 ± 2E-5	6,1E-4 ± 3E-5	2,9E-4 ± 2E-5	3,4E-4 ± 2E-5	3,1E-4 ± 2E-5	3,6E-4
Be-7	1,7E-3 ± 1E-4	1,0E-3 ± 3E-5	3,8E-3 ± 3E-4	2,4E-3 ± 7E-5	2,7E-3 ± 8E-5	2,7E-3 ± 8E-5	2,4E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	8,3E-7 ± 3E-7	6,6E-7 ± 2E-7	1,3E-6 ± 4E-7	< 1,7E-6	< 1,2E-6	< 2,6E-6	1,4E-6
Oznaka vzorca	ZRPM0713	ZRPM0813	ZRPM0913	ZRPM1013	ZRPM1113	ZRPM1213	
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum mer.	06.08.13	04.09.13	11.10.13	07.11.13	05.12.13	06.01.13	Letno
Kol. vz. (m ⁻³)	24776	24309	24902	21458	17285	13872	povprečje
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)							
U (Th-234)			3,7E-5 ± 8E-6	< 1,7E-5	< 1,9E-5	2,2E-5 ± 7E-6	1,4E-5
Ra-226	5,5E-6 ± 5E-7	4,6E-6 ± 6E-7	9,5E-6 ± 7E-7	5,0E-6 ± 6E-7	9,1E-6 ± 7E-7	6,4E-6 ± 1E-6	5,9E-6
Pb-210	4,0E-4 ± 3E-5	4,6E-4 ± 3E-5	4,3E-4 ± 4E-5	4,7E-4 ± 3E-5	2,1E-4 ± 2E-5	3,3E-4 ± 4E-5	4,1E-4
Th (Ra-228)	1,9E-6 ± 1E-6	1,1E-6 ± 1E-6	4,9E-6 ± 1E-6	2,4E-6 ± 1E-6	9,3E-7 ± 1E-6	1,1E-5 ± 3E-6	3,2E-6
Th-228		7,9E-6 ± 1E-6	1,6E-5 ± 4E-6	1,3E-6 ± 1E-6	< 5,6E-6	3,2E-6 ± 2E-6	5,2E-6
K-40	3,7E-4 ± 2E-5	3,7E-4 ± 2E-5	3,8E-4 ± 2E-5	4,2E-4 ± 2E-5	5,0E-4 ± 3E-5	4,7E-4 ± 3E-5	3,9E-4
Be-7	4,7E-3 ± 1E-4	4,8E-3 ± 1E-4	3,1E-3 ± 2E-4	3,9E-3 ± 1E-4	1,5E-3 ± 4E-5	3,4E-3 ± 2E-4	2,9E-3
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,0E-7 ± 2E-7	< 2,0E-6	< 2,2E-6	< 2,2E-6	< 2,6E-6	1,1E-6 ± 2E-7	1,6E-6

Tabela A.3: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zraka - Ljubljana



Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013	
Kol. vzorca (m ³)	106934,3	122596,3	127044,3	171365	122246,4	121978,9	Polletno povprečje (*)
Oznaka vzorca	RP13AE111	RP13AE121	RP13AE131	RP13AE141	RP13AE151	RP13AE161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22				< 1E-06	5,1E-07 ± 2E-07		8,5E-08 ± 1E-07
U-238	< 8E-06			< 5E-06	3,1E-06 ± 2E-06		5,2E-07 ± 1E-06
Ra-226							
Pb-210	9,4E-04 ± 5E-05	6,2E-04 ± 4E-05	5,2E-04 ± 3E-05	5,6E-04 ± 3E-05	2,8E-04 ± 2E-05	5,8E-04 ± 3E-05	5,8E-04 ± 9E-05
Ra-228	2,5E-06 ± 1E-06	< 2E-06	< 2E-06	1,1E-06 ± 6E-07	< 2E-06		6,1E-07 ± 4E-07
Th-228	2,6E-06 ± 7E-07	2,1E-06 ± 4E-07	2,3E-06 ± 4E-07	2,5E-06 ± 4E-07	1,4E-06 ± 4E-07	1,2E-06 ± 6E-07	2,0E-06 ± 2E-07
Th-230							
K-40	< 2E-04		< 1E-04	< 7E-05			< 2E-05
Be-7	2,2E-03 ± 1E-04	1,8E-03 ± 9E-05	2,9E-03 ± 1E-04	4,5E-03 ± 2E-04	3,1E-03 ± 2E-04	3,8E-03 ± 2E-04	3,0E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	4,0E-06 ± 5E-07	3,1E-06 ± 3E-07	2,4E-06 ± 2E-07	1,1E-06 ± 2E-07	4,8E-07 ± 1E-07	< 1E-06	1,8E-06 ± 6E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014	
Kol. vzorca (m ³)	140743,9	139727,4	121343,1	139987,8	107111,4	74082,3	Letno povprečje (*)
Oznaka vzorca	RP13AE171	RP13AE181	RP13AE191	RP13AE1A1	RP13AE1B1	RP13AE1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22	8,2E-07 ± 2E-07		< 8E-06		7,1E-06 ± 4E-06		1,1E-07 ± 8E-08
U-238	3,9E-06 ± 3E-06						1,2E-06 ± 7E-07
Ra-226							
Pb-210	6,6E-04 ± 4E-05	7,3E-04 ± 4E-05	6,5E-04 ± 3E-05	8,6E-04 ± 4E-05	4,9E-04 ± 2E-05	1,3E-03 ± 7E-05	6,8E-04 ± 8E-05
Ra-228	< 2E-06		1,2E-06 ± 8E-07				4,1E-07 ± 2E-07
Th-228	1,9E-06 ± 4E-07	1,1E-06 ± 8E-07	2,7E-06 ± 6E-07	1,1E-06 ± 4E-07	1,9E-06 ± 5E-07	2,2E-06 ± 9E-07	1,9E-06 ± 2E-07
Th-230							
K-40							< 1E-05
Be-7	5,6E-03 ± 4E-04	4,8E-03 ± 2E-04	3,3E-03 ± 2E-04	3,9E-03 ± 2E-04	1,3E-03 ± 7E-05	2,4E-03 ± 1E-04	3,3E-03 ± 4E-04
I-131							
Cs-134							
Cs-137	8,2E-07 ± 2E-07	2,6E-07 ± 2E-07	3,8E-07 ± 2E-07	1,4E-06 ± 4E-07	2,3E-06 ± 3E-07	4,9E-06 ± 6E-07	1,8E-06 ± 5E-07
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							

A.2 Padavine

 Tabela A.4: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih padavin - Ljubljana IJS (1. polletje)

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013	
Kol. vzorca (L)	40,81	32,52	49,71	15,15	41,08	23,02	Polletno povprečje (*)
Padavine (mm)***	91,2	195,3	188,7	91,0	210,1	104,9	
Oznaka vzorca	RP13PD111	RP13PD121	RP13PD131	RP13PD141	RP13PD151	RP13PD161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22		< 3E+00		< 6E+00	< 5E-01		< 5E-02
U-238			< 1E+00	< 2E+00	2,8E+00 ± 2E+00		< 4,7E-01 ± 7E-01
Ra-226					< 3E+00		< 4E-01
Pb-210	6,0E+01 ± 4E+00	7,6E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 5E+00	4,8E+01 ± 3E+00	7,0E+01 ± 5E+00	3,3E+01 ± 8E+00	5,9E+01 ± 7E+00
Ra-228		< 7E-01		< 1E+00		1,7E+00 ± 1E+00	2,8E-01 ± 3E-01
Th-228	< 1E+00	5,7E-01 ± 9E-02	< 9E-01		< 5E-01		9,5E-02 ± 2E-01
Th-230				< 5E+01			< 5E+00
K-40	< 3E+00	3,5E+00 ± 1E+00	< 8E+00	2,1E+01 ± 4E+00	1,0E+01 ± 3E+00	< 3E+01	5,8E+00 ± 3E+00
Be-7	3,8E+02 ± 2E+01	5,4E+02 ± 4E+01	3,5E+02 ± 2E+01	3,0E+02 ± 2E+01	2,9E+02 ± 1E+01	2,6E+02 ± 1E+01	3,5E+02 ± 4E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 2E-01	1,5E-01 ± 7E-02	< 1E+00	< 4E-01	4,0E-01 ± 2E-01	9,1E-02 ± 1E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	< 5E+02	8,9E+02 ± 2E+02	9,3E+02 ± 2E+02	9,9E+02 ± 2E+02	1,1E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 2E+02	8,9E+02 ± 2E+02

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014	
Kol. vzorca (L)	3,01	31,9	49,88	15,45	48,92	14,35	Letno povprečje (*)
Padavine (mm)***	22,3	104,6	216,8	37,4	207,7	60,5	
Oznaka vzorca	RP13PD171	RP13PD181	RP13PD191	RP13PD1A1	RP13PD1B1	RP13PD1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
Na-22		< 7E+00	2,6E+00 ± 1E+00	9,0E+00 ± 5E+00	2,6E+00 ± 2E+00	< 1E+01	< 2E-02
U-238		< 2E+00		< 1E+01	2,8E+00 ± 7E-01	2,5E+00 ± 2E+00	1,4E+00 ± 9E-01
Ra-226	9,1E+01 ± 1E+01	< 8E+00	3,1E+01 ± 3E+00	1,7E+02 ± 1E+01	9,6E+01 ± 1E+01	6,8E+01 ± 8E+00	8,0E+00 ± 8E+00
Pb-210	3,2E+03 ± 3E+02	< 2E+00	< 2E+00	< 3E+00		< 4E+00	3,4E+02 ± 3E+02
Ra-228		9,1E-01 ± 3E-01	< 7E-01	2,2E+00 ± 6E-01	2,9E-01 ± 2E-01	< 2E+00	1,4E-01 ± 3E-01
Th-228	6,4E+00 ± 4E+00						8,6E-01 ± 5E-01
Th-230							< 2E+00
K-40	1,2E+02 ± 3E+01	7,8E+00 ± 2E+00	3,0E+00 ± 2E+00	2,2E+01 ± 7E+00	4,3E+00 ± 2E+00	1,1E+01 ± 7E+00	1,7E+01 ± 9E+00
Be-7	3,7E+03 ± 2E+02	8,2E+02 ± 4E+01	3,2E+02 ± 2E+01	7,9E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 2E+01	3,6E+02 ± 2E+01	7,1E+02 ± 3E+02
I-131							
Cs-134							
Cs-137	7,3E+00 ± 2E+00	< 7E-01	< 3E-01	< 1E+00	< 5E-01		6,5E-01 ± 6E-01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	1,3E+03 ± 2E+02	1,4E+03 ± 2E+02	6,3E+02 ± 2E+02	7,1E+02 ± 2E+02	5,3E+02 ± 2E+02	5,2E+02 ± 2E+02	8,7E+02 ± 1E+02

Tabela A.5: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih padavin - Ljubljana IJS (2. polletje) 

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	27. 12. 2012 - 4. 2. 2013	4. 2. 2013 - 4. 3. 2013	4. 3. 2013 - 2. 4. 2013	2. 4. 2013 - 6. 5. 2013	6. 5. 2013 - 3. 6. 2013	3. 6. 2013 - 1. 7. 2013	
Kol. vzorca (L)	40,8	32,5	49,7	15,2	41,1	23,0	Polletni used (*)
Padavine (mm)***	91,2	195,3	188,7	91,0	210,1	104,9	
Oznaka vzorca	RP13PD111	RP13PD121	RP13PD131	RP13PD141	RP13PD151	RP13PD161	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22		< 5E+01		< 5E+01	< 1E+01		< 6E+02
U-238					6,0E+01 ± 4E+01		6,0E+01 ± 6E+01
Ra-226			< 3E+01	< 2E+01	< 6E+01		< 4E+01
Pb-210	5,5E+00 ± 4E+01	1,5E+01 ± 8E+01	1,3E+01 ± 9E+01	4,3E+00 ± 3E+01	1,5E+01 ± 1E+00	3,5E+00 ± 8E+01	5,6E+01 ± 2E+00
Ra-228		< 1E+01		< 1E+01		1,8E+01 ± 1E+01	1,8E+01 ± 2E+01
Th-228	< 1E+01	1,1E+01 ± 2E+02	< 2E+01		< 1E+01		1,1E+01 ± 1E+01
Th-230				< 4E+00			< 3E+00
K-40	< 3E+01	6,8E+01 ± 2E+01	< 2E+00	1,9E+00 ± 3E+01	2,2E+00 ± 6E+01	< 3E+00	4,8E+00 ± 2E+00
Be-7	3,5E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 7E+00	6,5E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 2E+00	6,1E+01 ± 3E+00	2,7E+01 ± 1E+00	3,2E+02 ± 9E+00
I-131							
Cs-134							
Cs-137		< 5E+02	2,9E+02 ± 1E+02	< 1E+01	< 9E+02	4,1E+02 ± 3E+02	7,0E+02 ± 9E+02
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	< 4E+01	1,7E+02 ± 3E+01	1,8E+02 ± 3E+01	9,0E+01 ± 2E+01	2,2E+02 ± 4E+01	1,6E+02 ± 2E+01	8,2E+02 ± 7E+01

Vzorč. mesto	Ljubljana IJS						
Datum vzor.	1. 7. 2013 - 1. 8. 2013	1. 8. 2013 - 2. 9. 2013	2. 9. 2013 - 1. 10. 2013	1. 10. 2013 - 4. 11. 2013	4. 11. 2013 - 2. 12. 2013	2. 12. 2013 - 2. 1. 2014	
Kol. vzorca (L)	3,0	31,9	49,8	15,5	48,9	14,4	Letni used (*)
Padavine (mm)***	22,3	104,6	216,8	37,4	207,7	60,5	
Oznaka vzorca	RP13PD171	RP13PD181	RP13PD191	RP13PD1A1	RP13PD1B1	RP13PD1C1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)						
Na-22		< 7E+01	5,7E+01 ± 3E+01	3,4E+01 ± 2E+01	5,4E+01 ± 4E+01	< 8E+01	< 6E+02
U-238		< 2E+01		< 4E+01	5,8E+01 ± 2E+01	1,5E+01 ± 1E+01	2,0E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,0E+00 ± 3E+01	< 9E+01	6,8E+00 ± 6E+01	6,5E+00 ± 5E+01	2,0E+01 ± 2E+00	4,1E+00 ± 5E+01	2,8E+00 ± 6E+01
Pb-210	7,2E+01 ± 7E+00	7,1E+00 ± 9E+01	< 4E+01	< 1E+01			1,7E+02 ± 8E+00
Ra-228		< 2E+01	< 4E+01	< 1E+01		< 3E+01	1,8E+01 ± 3E+01
Th-228	1,4E+01 ± 8E+02	9,6E+02 ± 3E+02	< 1E+01	8,1E+02 ± 2E+02	6,0E+02 ± 4E+02	< 1E+01	4,9E+01 ± 2E+01
Th-230							< 3E+00
K-40	2,6E+00 ± 6E+01	8,2E+01 ± 3E+01	6,5E+01 ± 3E+01	8,3E+01 ± 3E+01	9,0E+01 ± 3E+01	6,9E+01 ± 4E+01	1,1E+01 ± 2E+00
Be-7	8,2E+01 ± 4E+00	8,6E+01 ± 4E+00	6,9E+01 ± 3E+00	3,0E+01 ± 1E+00	8,6E+01 ± 4E+00	2,2E+01 ± 1E+00	6,9E+02 ± 1E+01
I-131							
Cs-134							
Cs-137	1,6E+01 ± 4E+02	< 7E+02	< 7E+02	< 4E+02	< 1E+01		2,3E+01 ± 1E+01
Co-58							
Co-60							
Cr-51							
Mn-54							
Zn-65							
Nb-95							
Ru-106							
Sb-125							
H-3	2,8E+01 ± 4E+00	1,5E+02 ± 2E+01	1,4E+02 ± 3E+01	2,7E+01 ± 6E+00	1,1E+02 ± 3E+01	3,1E+01 ± 1E+01	1,3E+03 ± 9E+01

ZVD Tabela A.6: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Ljubljana ZVD

Oznaka vzorca	FALJ0113	FALJ0213	FALJ0313	FALJ0413	FALJ0513	FALJ0613	
Datum vz.	januar	februar	marec	april	maj	junij	
Datum mer.	4.2.2013	14.3.2013	11.4.2013	6.5.2013	10.7.2013	24.7.2013	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	21,5	41,4	43,4	2,3	43,5	11,7	Polletna
Višina padavin #	91,2 mm	195,3 mm	188,7 mm	91,0 mm	217,2 mm	104,9 mm	vsota
SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U (Th-234)	7,0E-1 ± 3E-1			8,4E-2 ± 8E-2	1,3E+0 ± 5E-1		2,1E+0
Ra-226	4,3E-1 ± 4E-2			1,1E-1 ± 9E-2		9,8E-2 ± 5E-2	8,5E-1
Pb-210	4,5E+0 ± 5E-1	1,1E+1 ± 9E-1	1,3E+1 ± 1E+0	7,8E+0 ± 6E-1	3,5E+1 ± 3E+0	8,4E+0 ± 7E-1	8,0E+1
Th (Ra-228)				1,6E-1 ± 4E-2	2,1E-1 ± 2E-1	3,2E-1 ± 1E-1	6,9E-1
Th-228				7,0E-2 ± 4E-2			7,0E-2
K-40		< 1,3E+0	1,8E+0 ± 3E-1	< 8,6E-1	2,2E+0 ± 8E-1	6,1E-1 ± 6E-1	6,7E+0
Be-7	1,8E+1 ± 6E-1	4,4E+1 ± 1E+0	7,5E+1 ± 2E+0	5,5E+1 ± 2E+0	2,3E+2 ± 7E+0	4,0E+1 ± 1E+0	4,6E+2
Cs-134							
Cs-137	< 1,4E-1	< 1,1E-1	< 9,8E-2	2,8E-2 ± 7E-3	< 3,1E-1	< 2,2E-1	9,0E-1
I-131							
SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m ²) #							
U (Th-234)	7,7E+0 ± 3E+0			9,2E-1 ± 9E-1	5,9E+0 ± 2E+0		2,4E+0
Ra-226	4,7E+0 ± 4E-1			1,2E+0 ± 1E+0		9,3E-1 ± 4E-1	1,1E+0
Pb-210	4,9E+1 ± 5E+0	5,7E+1 ± 5E+0	1,5E+2 ± 6E+0	8,6E+1 ± 7E+0	1,6E+2 ± 1E+1	8,0E+1 ± 7E+0	9,7E+1
Th (Ra-228)				1,8E+0 ± 4E-1	9,6E-1 ± 8E-1	3,1E+0 ± 9E-1	9,6E-1
Th-228				7,7E-1 ± 4E-1			1,3E-1
K-40		< 6,7E+0	2,0E+1 ± 2E+0	< 9,5E+0	9,9E+0 ± 4E+0	5,8E+0 ± 6E+0	8,6E+0
Be-7	2,0E+2 ± 7E+0	2,3E+2 ± 7E+0	8,2E+2 ± 1E+1	6,0E+2 ± 2E+1	1,1E+3 ± 3E+1	3,8E+2 ± 1E+1	5,5E+2
Cs-134							
Cs-137	< 1,5E+0	< 5,6E-1	< 1,1E+0	3,1E-1 ± 8E-2	< 1,4E+0	< 2,1E+0	1,2E+0
I-131							

Rezultati označeni z # se nanašajo na **neakreditirano** dejavnost

Oznaka vzorca	FALJ0713	FALJ0813	FALJ0913	FALJ1013	FALJ1113	FALJ1213	
Datum vz.	julij	avgust	september	oktober	november	december	
Datum mer.	2.8.2013	9.9.2013	16.10.2013	5.11.2013	16.12.2013	7.1.2014	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	2,0	16,2	54,7	4,6	46,6	12,5	Letna
Višina padavin #	22,3 mm	104,6 mm	216,8 mm	37,4 mm	207,7 mm	60,5 mm	vsota
SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m ²)							
U (Th-234)		4,0E-1 ± 2E-1	3,5E-1 ± 2E-1	2,8E-1 ± 2E-1		9,6E-2 ± 3E-2	3,2E+0
Ra-226	1,0E-1 ± 4E-2		7,5E-1 ± 5E-2	7,3E-2 ± 4E-2	1,1E-1 ± 4E-2	2,8E-2 ± 5E-2	1,9E+0
Pb-210	8,3E+0 ± 7E-1	7,2E+0 ± 7E-1	2,0E+1 ± 2E+0	3,7E+0 ± 5E-1	7,8E+0 ± 7E-1	4,4E+0 ± 5E-1	1,3E+2
Th (Ra-228)	4,2E-1 ± 7E-2	6,1E-1 ± 7E-2	1,0E-1 ± 8E-2		2,0E-1 ± 1E-1		2,0E+0
Th-228		1,4E-1 ± 8E-2	1,8E-1 ± 8E-2			1,4E-1 ± 8E-2	5,3E-1
K-40	< 1,6E+0	< 1,9E+0	2,1E+0 ± 6E-1	< 2,0E+0	1,3E+0 ± 5E-1	< 1,8E+0	1,7E+1
Be-7	4,5E+1 ± 1E+0	6,3E+1 ± 2E+0	1,0E+2 ± 3E+0	1,6E+1 ± 6E-1	1,7E+2 ± 6E+0	5,0E+1 ± 3E+0	9,1E+2
Cs-134							
Cs-137	2,4E-1 ± 1E-3	< 1,3E-1	< 2,0E-1	< 1,4E-1	< 1,9E-1	7,0E-2 ± 3E-2	1,9E+0
I-131							
SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m ²) #							
U (Th-234)		3,8E+0 ± 2E+0	1,6E+1 ± 1E+0	7,5E+0 ± 6E+0		1,6E+0 ± 4E-1	4,8E+0
Ra-226	4,5E+0 ± 2E+0		3,4E+1 ± 2E-1	2,0E+0 ± 1E+0	5,3E-1 ± 2E-1	4,6E-1 ± 8E-1	6,8E+0
Pb-210	3,7E+2 ± 3E+1	6,9E+1 ± 7E+0	9,0E+2 ± 7E+0	9,9E+1 ± 1E+1	3,8E+1 ± 3E+0	7,3E+1 ± 7E+0	2,6E+2
Th (Ra-228)	1,9E+1 ± 3E+0	5,8E+0 ± 7E-1	4,5E+0 ± 4E-1		9,6E-1 ± 6E-1		5,0E+0
Th-228		1,3E+0 ± 8E-1	8,1E+0 ± 4E-1			2,3E+0 ± 1E+0	2,0E+0
K-40	< 7,2E+1	< 1,8E+1	9,4E+1 ± 3E+0	< 5,3E+1	6,3E+0 ± 2E+0	< 3,0E+1	4,6E+1
Be-7	2,0E+3 ± 6E+1	6,0E+2 ± 2E+1	4,5E+3 ± 1E+1	4,3E+2 ± 2E+1	8,1E+2 ± 3E+1	8,2E+2 ± 4E+1	1,5E+3
Cs-134							
Cs-137	1,1E+1 ± 6E-2	< 1,2E+0	< 9,0E+0	< 3,7E+0	< 9,1E-1	1,2E+0 ± 4E-1	4,5E+0
I-131							

Rezultati označeni z # se nanašajo na **neakreditirano** dejavnost

Oznaka vzorca	FALJK113	FALJK213	FALJK313	FALJK413	
Datum vz.	januar-marec	april-junij	julij-september	oktober-december	
Datum mer.	31.5.2013	24.8.2013	5.12.2013	30.1.2014	
Kol. vzorca (m ²)	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	106,3	57,5	72,9	63,7	Letna
Višina padavin #	475,2 mm	413,1 mm	343,7 mm	305,6 mm	vsota
SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
90 Sr	< 3,3E-1	< 3,1E-1	< 2,8E-1	< 3,1E-1	1,2E+0
SPECIFICNA AKTIVNOST (Bq/m ²) #					
90 Sr	< 7,0E-1	< 7,4E-1	< 8,1E-1	< 1,0E+0	3,3E+0

Rezultati označeni z # se nanašajo na **neakreditirano** dejavnost

Tabela A.7: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Novo mesto

ZVD

Oznaka vzorca	FANMK113	FANMK213	FANMK313	FANMK413	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	15.4.2013	16.7.2013	21.10.2013	6.1.2014	
Dat. mer. Sr-90	31.5.2013	24.8.2013	5.12.2013	30.1.2014	
Kol. vzorca (m ⁻²)	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	39,9	51,2	53,9	49,5	
Višina padavin #	430,6 mm	271,7 mm	237,4 mm	319,5 mm	Letna vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
U (Th-234)		4,4E-1 ± 0,29	8,0E-1 ± 3E-1	1,9E-1 ± 1E-1	1,4E+0
Ra-226	1,7E-1 ± 4E-2	5,3E-2 ± 3E-2	2,0E-1 ± 4E-2	2,7E-2 ± 2E-2	4,5E-1
Pb-210	5,6E+0 ± 5E-1	2,3E+1 ± 2E+0	1,9E+1 ± 2E+0	4,1E+1 ± 3E+0	8,9E+1
Th (Ra-228)	1,4E-1 ± 7E-2	4,6E-1 ± 8E-2		7,2E-2 ± 4E-2	6,7E-1
Th-228			2,1E-1 ± 8E-2	1,2E-1 ± 3E-2	3,3E-1
K-40		1,4E+0 ± 5E-1	1,1E+0 ± 5E-1	1,1E+0 ± 2E-1	3,6E+0
Be-7	3,6E+1 ± 1E+0	1,4E+2 ± 4E+0	8,2E+1 ± 3E+0	2,4E+2 ± 7E+0	5,0E+2
Cs-134					
Cs-137	< 1,1E-1	4,4E-2 ± 1E-2	6,5E-2 ± 2E-2	5,6E-2 ± 1E-2	2,8E-1
I-131					
Sr-90	1,9E+0 ± 3E-1 <	3,4E-1	2,7E-1 ± 2E-1 <	3,2E-1	2,8E+0
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²) #					
U (Th-234)		1,6E+0 ± 1E+0	3,4E+0 ± 1E+0	5,9E-1 ± 3E-1	1,4E+0
Ra-226	3,9E-1 ± 1E-1	2,0E-1 ± 1E-1	8,4E-1 ± 2E-1	8,5E-2 ± 6E-2	3,8E-1
Pb-210	1,3E+1 ± 1E+0	8,4E+1 ± 7E+0	8,0E+1 ± 6E+0	1,3E+2 ± 1E+1	7,7E+1
Th (Ra-228)	3,1E-1 ± 2E-1	1,7E+0 ± 3E-1		2,3E-1 ± 1E-1	5,6E-1
Th-228			8,8E-1 ± 3E-1	3,8E-1 ± 1E-1	3,2E-1
K-40		5,2E+0 ± 2E+0	4,6E+0 ± 2E+0	3,4E+0 ± 7E-1	3,3E+0
Be-7	8,4E+1 ± 3E+0	5,3E+2 ± 2E+1	3,4E+2 ± 1E+1	7,4E+2 ± 2E+1	4,2E+2
Cs-134					
Cs-137	< 2,6E-1	1,6E-1 ± 5E-2	2,7E-1 ± 1E-1	1,8E-1 ± 3E-2	2,2E-1
I-131					
Sr-90	4,3E+0 ± 8E-1 <	1,2E+0	1,1E+0 ± 8E-1 <	1,0E+0	1,9E+0

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

Tabela A.8: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Murska Sobota

ZVD

Oznaka vzorca	FAMSK113	FAMSK213	FAMSK313	FAMSK413	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	12.4.2013	16.7.2013	21.10.2013	13.1.2014	
Dat. mer. Sr-90	31.5.2013	24.8.2013	5.12.2013	30.1.2014	
Kol. vzorca (m ⁻²)	0,25	0,25	0,25	0,25	
Kol. vzorca (kg)	51,2	45,7	53,4	51,3	
Višina padavin #	279,5 mm	190,5 mm	239,0 mm	206,6 mm	Letna vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
U (Th-234)	4,1E+0 ± 2E+0	8,4E-1 ± 0,3	4,0E-1 ± 3E-1	4,2E+0 ± 7E-1	9,5E+0
Ra-226		2,3E-1 ± 5E-2	1,1E-1 ± 5E-2	1,3E-1 ± 7E-2	4,7E-1
Pb-210	2,2E+1 ± 2E+0	3,1E+1 ± 2E+0	3,1E+1 ± 2E+0	2,8E+0 ± 4E-1	8,6E+1
Th (Ra-228)	3,8E-1 ± 4E-2	2,8E-1 ± 1E-1	3,4E-1 ± 8E-2	6,8E-2 ± 2E-2	1,1E+0
Th-228		1,2E-1 ± 1E-1	1,1E-1 ± 8E-2 <	5,1E-1	7,4E-1
K-40	2,3E+0 ± 3E-1	6,0E+0 ± 8E-1	2,9E+0 ± 6E-1		1,1E+1
Be-7	9,7E+1 ± 3E+0	1,2E+2 ± 4E+0	1,9E+2 ± 6E+0	1,6E+1 ± 9E-1	4,2E+2
Cs-134					
Cs-137	4,8E-2 ± 1E-2	9,4E-2 ± 2E-2 <	1,5E-1	< 2,9E-1	5,8E-1
I-131					
Sr-90	2,1E+0 ± 3E-1	5,2E-1 ± 2E-1 <	2,8E-1	< 3,4E-1	3,2E+0
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²) #					
U (Th-234)	1,5E+1 ± 7E+0	4,4E+0 ± 2E+0	1,7E+0 ± 1E+0	2,0E+1 ± 3E+0	1,0E+1
Ra-226		1,2E+0 ± 3E-1	4,6E-1 ± 2E-1	6,3E-1 ± 3E-1	5,7E-1
Pb-210	7,8E+1 ± 6E+0	1,6E+2 ± 1E+1	1,3E+2 ± 1E+1	1,4E+1 ± 2E+0	9,6E+1
Th (Ra-228)	1,4E+0 ± 1E-1	1,5E+0 ± 6E-1	1,4E+0 ± 3E-1	3,3E-1 ± 1E-1	1,1E+0
Th-228		6,3E-1 ± 5E-1	4,6E-1 ± 4E-1 <	2,5E+0	8,9E-1
K-40	8,2E+0 ± 9E-1	3,1E+1 ± 4E+0	1,2E+1 ± 3E+0		1,3E+1
Be-7	3,5E+2 ± 1E+1	6,5E+2 ± 2E+1	7,9E+2 ± 2E+1	7,9E+1 ± 4E+0	4,7E+2
Cs-134					
Cs-137	1,7E-1 ± 4E-2	4,9E-1 ± 1E-1 <	6,3E-1	< 1,4E+0	6,7E-1
I-131					
Sr-90	7,5E+0 ± 1E+0	2,7E+0 ± 1E+0 <	1,2E+0	< 1,7E+0	3,3E+0

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

ZVD

Tabela A.9: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih padavin - Bovec

Oznaka vzorca	FABOK113	FABOK213	FABOK313	FABOK413	
Datum vz.	jan - mar	apr - jun	jul - sep	okt - dec	
Datum mer.	11.4.2013	11.7.2013	21.10.2013	9.1.2014	
Dat. mer. Sr-90	31.5.2013	24.8.2013	5.12.2013	30.1.2014	
Kol. vzorca (m ²)	0,07	0,07	0,07	0,07	
Kol. vzorca (kg)	48,9	44,0	40,2	89,5	
Višina padavin #	672,4 mm	595,6 mm	487,8 mm	913,9 mm	Letna vsota
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)					
U (Th-234)				1,2E+0 ± 7E-1	1,2E+0
Ra-226	5,6E-1 ± 2E-1		1,4E+0 ± 9E-1	1,7E-1 ± 1E-1	2,1E+0
Pb-210	6,5E+1 ± 5E+0	2,5E+1 ± 2E+0	1,1E+1 ± 2E+0	6,0E+1 ± 5E+0	1,6E+2
Th (Ra-228)	4,5E-1 ± 4E-1			6,1E-1 ± 2E-1	1,1E+0
Th-228			4,4E-1 ± 4E-1	2,0E-1 ± 2E-1	6,4E-1
K-40	2,7E+0 ± 2E+0	4,1E+0 ± 3E+0	7,6E+0 ± 3E+0	3,2E+0 ± 1E+0	1,8E+1
Be-7	2,2E+2 ± 8E+0	2,4E+2 ± 8E+0	1,1E+2 ± 4E+0	5,1E+2 ± 1E+1	1,1E+3
Cs-134					
Cs-137	7,5E-1 ± 1E-1 <	1,1E+0	< 8,3E-1	2,7E-1 ± 4E-2	2,9E+0
I-131					
Sr-90	< 3,3E-1	< 4,2E-1	3,8E-1 ± 2E-1 <	3,5E-1	1,5E+0
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²) #					
U (Th-234)				1,3E+0 ± 7E-1	3,3E-1
Ra-226	8,3E-1 ± 2E-1		2,9E+0 ± 2E+0	1,9E-1 ± 1E-1	9,7E-1
Pb-210	9,7E+1 ± 8E+0	4,2E+1 ± 4E+0	2,3E+1 ± 3E+0	6,6E+1 ± 5E+0	5,7E+1
Th (Ra-228)	6,7E-1 ± 6E-1			6,7E-1 ± 3E-1	3,3E-1
Th-228			9,0E-1 ± 8E-1	2,2E-1 ± 2E-1	2,8E-1
K-40	4,0E+0 ± 3E+0	6,9E+0 ± 4E+0	1,6E+1 ± 5E+0	3,5E+0 ± 1E+0	7,5E+0
Be-7	3,2E+2 ± 1E+1	4,1E+2 ± 1E+1	2,2E+2 ± 8E+0	5,6E+2 ± 2E+1	3,8E+2
Cs-134					
Cs-137	1,1E+0 ± 2E-1 <	1,8E+0	< 1,7E+0	3,0E-1 ± 5E-2	1,2E+0
I-131					
Sr-90	< 5,0E-1	< 7,1E-1	7,8E-1 ± 5E-1 <	3,8E-1	5,9E-1

Rezultati označeni z # se nanašajo na neakreditirano dejavnost

A.3 Tekoče vode

Tabela A.10: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Laze



Vzorč. mesto	Sava Laze		Letno povprečje
Datum vzor.	10. 5. 2013	23. 7. 2013	
Pretok (m ³ /s)	145	42,3	
Kol. vzorca (L)	51,39	49,71	
Koda vzorca	RP13SN151	RP13SN171	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)		
U-238	3,9E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 5E-01	3,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	< 1E+00	1,7E+00 ± 3E-01	8,4E-01 ± 8E-01
Pb-210	< 3E+00	3,2E+00 ± 4E-01	1,6E+00 ± 2E+00
Ra-228	< 1E+00	1,0E+00 ± 2E-01	5,0E-01 ± 5E-01
Th-228	3,7E-01 ± 3E-01	1,2E-01 ± 6E-02	2,4E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	1,6E+01 ± 4E+00	3,0E+01 ± 3E+00	2,3E+01 ± 7E+00
Be-7	5,0E+00 ± 1E+00	6,0E+00 ± 8E-01	5,5E+00 ± 6E-01
I-131	8,0E+00 ± 4E-01	1,1E+00 ± 1E-01	4,5E+00 ± 3E+00
Cs-134			
Cs-137		6,8E-02 ± 4E-02	3,4E-02 ± 3E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
Sr-89/Sr-90	3,0E+00 ± 2E-01	2,4E+00 ± 2E-01	2,7E+00 ± 3E-01
H-3	6,3E+02 ± 7E+01	6,0E+02 ± 8E+01	6,2E+02 ± 5E+01



Tabela A.11: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Savinja

Vzorč. mesto	Savinja pod Celjem		Letno povprečje
Datum vzor.	7. 6. 2013	29. 8. 2013	
Pretok (m ³ /s)	14,4	11,4	
Kol. vzorca (L)	47,07	50,33	
Koda vzorca	RP13SN361	RP13SN381	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)		
U-238	3,9E+00 ± 2E+00	1,8E+00 ± 7E-01	2,9E+00 ± 1E+00
Ra-226	9,9E-01 ± 5E-01	2,6E+00 ± 1E+00	1,8E+00 ± 8E-01
Pb-210	< 3E+00	2,4E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 1E+00
Ra-228	7,0E-01 ± 5E-01	6,7E-01 ± 3E-01	6,8E-01 ± 3E-01
Th-228	< 4E-01	3,6E-01 ± 5E-02	1,8E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	1,4E+02 ± 1E+01	2,0E+02 ± 2E+01	1,7E+02 ± 3E+01
Be-7	2,8E+00 ± 2E+00	4,9E+00 ± 8E-01	3,9E+00 ± 1E+00
I-131	4,6E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 2E-01	3,5E+00 ± 1E+00
Cs-134			
Cs-137	< 3E-01	2,6E-01 ± 8E-02	1,3E-01 ± 1E-01
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			



Tabela A.12: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Soča

Vzorč. mesto	Soča Solkan		Letno povprečje
Datum vzor.	25. 4. 2013	21. 8. 2013	
Pretok (m ³ /s)	177	70,7	
Kol. vzorca (L)	51,90	49,10	
Koda vzorca	RP13SN541	RP13SN581	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)		
U-238		1,3E+00 ± 7E-01	6,6E-01 ± 7E-01
Ra-226	3,6E+00 ± 6E-01	1,1E+00 ± 3E-01	2,3E+00 ± 1E+00
Pb-210	< 3E+00	2,4E+00 ± 5E-01	1,2E+00 ± 1E+00
Ra-228	< 8E-01	4,0E-01 ± 2E-01	2,0E-01 ± 3E-01
Th-228		9,8E-02 ± 8E-02	4,9E-02 ± 5E-02
Th-230			
K-40	8,2E+00 ± 1E+00	9,8E+00 ± 1E+00	9,0E+00 ± 1E+00
Be-7	6,3E+00 ± 1E+00	1,1E+01 ± 9E-01	8,4E+00 ± 2E+00
I-131			
Cs-134			
Cs-137	1,4E-01 ± 9E-02	9,8E-02 ± 7E-02	1,2E-01 ± 6E-02
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.13: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Krka



Vzorč. mesto	Reka Krka Otočec		Letno povprečje
Datum vzor.	23. 5. 2013	5. 9. 2013	
Pretok (m ³ /s)	35,8	9	
Kol. vzorca (L)	50,93	50,27	
Koda vzorca	RP13SN82251	RP13SN82291	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)		
U-238	5,9E+00 ± 2E+00	1,9E+00 ± 1E+00	3,9E+00 ± 2E+00
Ra-226	1,0E+00 ± 5E-01	1,9E+00 ± 7E-01	1,5E+00 ± 5E-01
Pb-210	< 3E+00	5,5E+00 ± 1E+00	2,7E+00 ± 3E+00
Ra-228	< 5E-01	8,7E-01 ± 4E-01	4,3E-01 ± 4E-01
Th-228	< 9E-01	4,7E-01 ± 2E-01	2,4E-01 ± 3E-01
Th-230		< 2E+01	< 6E+00
K-40	1,8E+01 ± 8E+00	3,9E+01 ± 4E+00	2,9E+01 ± 1E+01
Be-7		1,1E+01 ± 2E+00	5,3E+00 ± 5E+00
I-131		1,4E+00 ± 9E-01	7,0E-01 ± 7E-01
Cs-134			
Cs-137	< 6E-01		< 2E-01
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			

Tabela A.14: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Sava Brežice



Vzorč. mesto	Sava Brežice		Letno povprečje
Datum vzor.	10. 6. 2013	9. 10. 2013	
Pretok (m ³ /s)	182	219	
Kol. vzorca (L)	49,99	48,70	
Koda vzorca	RP13SN82561	RP13SN825A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)		
U-238	< 6E+00	2,3E+00 ± 6E-01	1,2E+00 ± 2E+00
Ra-226	1,3E+00 ± 3E-01	2,2E+00 ± 3E-01	1,8E+00 ± 4E-01
Pb-210	< 3E+00	4,2E+00 ± 5E-01	2,1E+00 ± 2E+00
Ra-228	8,9E-01 ± 3E-01	9,7E-01 ± 2E-01	9,3E-01 ± 2E-01
Th-228	3,9E-01 ± 2E-01	4,0E-01 ± 5E-02	4,0E-01 ± 1E-01
Th-230			
K-40	3,1E+01 ± 5E+00	4,3E+01 ± 5E+00	3,7E+01 ± 6E+00
Be-7	5,9E+00 ± 7E-01	8,2E+00 ± 8E-01	7,0E+00 ± 1E+00
I-131	4,4E+00 ± 3E-01	8,2E+00 ± 5E-01	6,3E+00 ± 2E+00
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			
H-3	5,7E+02 ± 1E+02	8,4E+03 ± 1E+03	4,5E+03 ± 4E+03



Tabela A.15: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Kolpa

Vzorč. mesto	Vinica - Kolpa		Letno povprečje
	28. 5. 2013	26. 8. 2013	
Datum vzor.	69,5	73	
Pretok (m ³ /s)	47,91	48,19	
Kol. vzorca (L)	RP13SN83451	RP13SN83481	
Koda vzorca			
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)		
U-238	2,1E+00 ± 1E+00	2,5E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	3,6E+00 ± 5E-01	2,6E+00 ± 7E-01	3,1E+00 ± 5E-01
Pb-210	< 3E+00	4,8E+00 ± 2E+00	2,4E+00 ± 2E+00
Ra-228	8,3E-01 ± 5E-01	< 1E+00	4,1E-01 ± 4E-01
Th-228	3,5E-01 ± 2E-01	7,3E-01 ± 2E-01	5,4E-01 ± 2E-01
Th-230			
K-40	1,3E+01 ± 5E+00	1,4E+01 ± 4E+00	1,3E+01 ± 3E+00
Be-7	< 3E+00	2,1E+01 ± 2E+00	1,0E+01 ± 1E+01
I-131			
Cs-134			
Cs-137			
Co-58			
Co-60			
Cr-51			
Mn-54			
Zn-65			
Nb-95			
Ru-106			
Sb-125			



Tabela A.16: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Drava

Vzorč. mesto	Drava pri meji - Dravograd				Letno povprečje
	23. 1. 2013	7. 6. 2013	29. 8. 2013	25. 10. 2013	
Datum vzor.	190	589	270	209	
Pretok (m ³ /s)	48,61	51,07	49,07	51,37	
Kol. vzorca (L)	RP13SN2311	RP13SN2361	RP13SN2381	RP13SN23A1	
Koda vzorca					
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	9,6E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	4,0E+00 ± 2E+00	6,0E+00 ± 1E+00	6,4E+00 ± 1E+00
Ra-226	2,3E+00 ± 4E-01	2,3E+00 ± 1E+00	4,7E+00 ± 9E-01	2,2E+00 ± 4E-01	2,9E+00 ± 6E-01
Pb-210	5,2E+00 ± 3E+00	3,2E+00 ± 1E+00	< 2E+00	< 7E+00	2,1E+00 ± 1E+00
Ra-228	1,8E+00 ± 3E-01	1,0E+00 ± 4E-01	1,7E+00 ± 4E-01	1,3E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Th-228	2,8E-01 ± 2E-01	< 4E-01	6,5E-01 ± 2E-01	3,5E-01 ± 1E-01	3,2E-01 ± 1E-01
Th-230					
K-40	4,5E+01 ± 5E+00	3,8E+01 ± 4E+00	4,6E+01 ± 5E+00	3,9E+01 ± 4E+00	4,2E+01 ± 2E+00
Be-7	4,4E+00 ± 9E-01	8,3E+00 ± 2E+00	3,6E+00 ± 8E-01	3,8E+00 ± 6E-01	5,0E+00 ± 1E+00
I-131	1,5E+00 ± 3E-01		9,2E-01 ± 2E-01		6,1E-01 ± 4E-01
Cs-134					
Cs-137	6,6E-01 ± 7E-02	4,8E-01 ± 1E-01	4,7E-01 ± 1E-01	3,4E-01 ± 1E-01	4,9E-01 ± 6E-02
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	1,4E+00 ± 1E-01		1,6E+00 ± 1E-01		1,5E+00 ± 7E-02
H-3	1,2E+03 ± 1E+02	5,0E+02 ± 8E+01	1,0E+03 ± 1E+02	9,2E+02 ± 1E+02	9,2E+02 ± 2E+02

Tabela A.17: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih rek - Mura



Vzorč. mesto	Mura pri meji - Petanjci				Letno povprečje
	23. 1. 2013	7. 6. 2013	29. 8. 2013	25. 10. 2013	
	141	219	145	100	
	Pretok (m ³ /s)				
	Kol. vzorca (L)				
Koda vzorca	51,97 RP13SN911	48,61 RP13SN961	48,81 RP13SN981	48,72 RP13SN9A1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	4,8E+00 ± 2E+00	1,6E+00 ± 1E+00	3,0E+00 ± 1E+00	7,5E+00 ± 2E+00	4,2E+00 ± 1E+00
Ra-226	9,1E-01 ± 4E-01	3,9E+00 ± 5E-01	7,2E+00 ± 1E+00	1,6E+00 ± 4E-01	3,4E+00 ± 1E+00
Pb-210	7,4E+00 ± 3E+00	< 2E+00	3,3E+00 ± 2E+00	< 2E+00	2,7E+00 ± 2E+00
Ra-228	2,0E+00 ± 7E-01	1,6E+00 ± 3E-01	3,4E+00 ± 4E-01	1,5E+00 ± 4E-01	2,1E+00 ± 4E-01
Th-228	6,4E-01 ± 1E-01	3,6E-01 ± 1E-01	2,2E+00 ± 2E-01	5,3E-01 ± 2E-01	9,4E-01 ± 4E-01
Th-230					
K-40	7,1E+01 ± 7E+00	4,6E+01 ± 5E+00	8,7E+01 ± 9E+00	6,8E+01 ± 7E+00	6,8E+01 ± 9E+00
Be-7	3,9E+00 ± 6E-01	6,7E+00 ± 6E-01	1,7E+01 ± 1E+00	2,6E+00 ± 1E+00	7,5E+00 ± 3E+00
I-131	2,9E+00 ± 2E-01	1,2E+00 ± 5E-01	< 3E-01	6,2E-01 ± 5E-01	1,2E+00 ± 6E-01
Cs-134					
Cs-137	5,9E-01 ± 1E-01	4,5E-01 ± 7E-02	1,7E-01 ± 2E-02	5,7E-01 ± 2E-01	4,4E-01 ± 1E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	2,0E+00 ± 1E-01		2,5E+00 ± 1E-01		2,2E+00 ± 2E-01
H-3	1,0E+03 ± 1E+02	7,4E+02 ± 1E+02	1,4E+03 ± 3E+02	1,1E+03 ± 1E+02	1,1E+03 ± 1E+02

A.4 Zemlja



Tabela A.18: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zemlje - Ljubljana

Vzorč. mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	18. 4. 2013			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ³)	37,6	37,6	45,4	120,6
Oznaka vzorca	RP13ZN1A41	RP13ZN1B41	RP13ZN1C41	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)			
U-238	1,9E+03 ± 2E+02	1,8E+03 ± 2E+02	2,2E+03 ± 2E+02	6,0E+03 ± 4E+02
Ra-226	2,3E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	2,9E+03 ± 3E+02	7,5E+03 ± 4E+02
Pb-210	2,6E+03 ± 6E+02	< 2E+03	2,4E+03 ± 5E+02	4,9E+03 ± 1E+03
Ra-228	2,0E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 1E+02	2,4E+03 ± 1E+02	6,4E+03 ± 2E+02
Th-228	1,9E+03 ± 1E+02	2,0E+03 ± 1E+02	2,4E+03 ± 1E+02	6,3E+03 ± 2E+02
Th-230				
K-40	2,6E+04 ± 3E+03	2,5E+04 ± 2E+03	3,0E+04 ± 3E+03	8,1E+04 ± 5E+03
Be-7	3,7E+02 ± 8E+01			3,7E+02 ± 8E+01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,4E+03 ± 1E+02	2,8E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 2E+02	8,5E+03 ± 2E+02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	6,1E+01 ± 4E+00	6,3E+01 ± 5E+00	7,9E+01 ± 6E+00	2,0E+02 ± 9E+00

Vzorč. mesto	Ljubljana			
Datum vzor.	8. 10. 2013			
Gl. vzor. (cm)	0-5	5-10	10-15	0-15
Kol. vzor. (kg/m ³)	43,5	42,7	43,7	130,0
Oznaka vzorca	RP13ZN1AA1	RP13ZN1BA1	RP13ZN1CA1	
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)			
U-238	1,8E+03 ± 2E+02	2,3E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 3E+02	6,6E+03 ± 4E+02
Ra-226	2,6E+03 ± 2E+02	2,6E+03 ± 2E+02	2,8E+03 ± 3E+02	7,9E+03 ± 4E+02
Pb-210	3,0E+03 ± 2E+02	1,5E+03 ± 7E+02	< 3E+03	4,4E+03 ± 2E+03
Ra-228	2,3E+03 ± 1E+02	2,3E+03 ± 1E+02	2,4E+03 ± 1E+02	7,0E+03 ± 2E+02
Th-228	2,3E+03 ± 1E+02	2,4E+03 ± 1E+02	2,4E+03 ± 1E+02	7,1E+03 ± 2E+02
Th-230				
K-40	3,0E+04 ± 3E+03	2,9E+04 ± 3E+03	3,0E+04 ± 3E+03	8,9E+04 ± 5E+03
Be-7	3,4E+02 ± 7E+01			3,4E+02 ± 7E+01
I-131				
Cs-134				
Cs-137	2,5E+03 ± 1E+02	2,8E+03 ± 1E+02	3,3E+03 ± 2E+02	8,6E+03 ± 2E+02
Co-58				
Co-60				
Cr-51				
Mn-54				
Zn-65				
Nb-95				
Ru-106				
Sb-125				
Sr-89/Sr-90	7,9E+01 ± 7E+00	7,4E+01 ± 6E+00	8,1E+01 ± 5E+00	2,3E+02 ± 1E+01

Tabela A.19: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Kobarid

[illegible]

ZVD Tabela A.20: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih v vzorcih zemlje - Murska Sobota

Oznaka vzorca	ZMS050413	ZMS100413	ZMS150413	ZMS050913	ZMS100913	ZMS150913
Datum vz.	27.4.2013	27.4.2013	27.4.2013	7.9.2013	7.9.2013	7.9.2013
Datum mer:	27.6.2013	27.6.2013	8.8.2013	19.9.2013	19.9.2013	19.9.2013
Dat. mer. Sr-90	30.7.2013	30.7.2013	29.8.2013	5.12.2013	5.12.2013	17.12.2013
Kol. vzorca (m ²)	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2	3,14E-2
Kol. vzorca (kg)	9,14E-1	9,56E-1	9,19E-1	8,96E-1	8,56E-1	9,58E-1
Globina vz.	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 15 cm
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)						
U (Th-234)	5,3E+1 ± 8E-1	6,8E+1 ± 8E+0	5,4E+1 ± 6E+0	5,4E+1 ± 6E+0	3,4E+1 ± 4E+0	5,6E+1 ± 6E+0
Ra-226*	3,9E+1 ± 9E-1	4,0E+1 ± 1E+0	3,7E+1 ± 8E-1	3,8E+1 ± 7E-1	3,9E+1 ± 7E-1	3,5E+1 ± 7E-1
Pb-210	8,7E+1 ± 8E+0	6,9E+1 ± 8E+0	4,9E+1 ± 5E+0	9,0E+1 ± 8E+0	7,5E+1 ± 6E+0	5,0E+1 ± 5E+0
Th (Ra-228)	4,3E+1 ± 1E+0	4,8E+1 ± 2E+0	4,5E+1 ± 1E+0	4,8E+1 ± 1E+0	4,8E+1 ± 1E+0	4,5E+1 ± 1E+0
Th-228	4,2E+1 ± 2E+0	4,6E+1 ± 2E+0	4,3E+1 ± 2E+0	4,4E+1 ± 2E+0	4,4E+1 ± 1E+0	4,5E+1 ± 2E+0
K-40	5,1E+2 ± 3E+1	5,1E+2 ± 3E+1	5,0E+2 ± 3E+1	5,3E+2 ± 3E+1	5,1E+2 ± 3E+1	4,7E+2 ± 3E+1
Be-7				1,0E+1 ± 2E+0	6,5E-1 ± 7E-1	
Cs-134						
Cs-137	4,5E+1 ± 1E+0	4,5E+1 ± 2E+0	2,0E+1 ± 6E-1	4,1E+1 ± 1E+0	4,6E+1 ± 1E+0	3,0E+1 ± 8E-1
Sr-90	4,9E+0 ± 4E-1	3,0E+0 ± 3E-1	9,8E-1 ± 2E-1	4,5E-1 ± 2E-1	4,1E-1 ± 2E-1	4,6E-1 ± 1E-1
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ²)						
U (Th-234)	1,5E+3 ± 2E+1	2,1E+3 ± 3E+2	1,6E+3 ± 2E+2	1,5E+3 ± 2E+2	9,3E+2 ± 1E+2	1,7E+3 ± 2E+2
Ra-226*	1,1E+3 ± 3E+1	1,2E+3 ± 4E+1	1,1E+3 ± 2E+1	1,1E+3 ± 2E+1	1,1E+3 ± 2E+1	1,1E+3 ± 2E+1
Pb-210	2,5E+3 ± 2E+2	2,1E+3 ± 2E+2	1,4E+3 ± 1E+2	2,6E+3 ± 2E+2	2,0E+3 ± 2E+2	1,5E+3 ± 2E+2
Th (Ra-228)	1,2E+3 ± 4E+1	1,5E+3 ± 6E+1	1,3E+3 ± 4E+1	1,4E+3 ± 4E+1	1,3E+3 ± 3E+1	1,4E+3 ± 4E+1
Th-228	1,2E+3 ± 5E+1	1,4E+3 ± 7E+1	1,3E+3 ± 4E+1	1,2E+3 ± 5E+1	1,2E+3 ± 4E+1	1,4E+3 ± 5E+1
K-40	1,5E+4 ± 8E+2	1,6E+4 ± 9E+2	1,5E+4 ± 8E+2	1,5E+4 ± 8E+2	1,4E+4 ± 7E+2	1,4E+4 ± 8E+2
Be-7				2,9E+2 ± 5E+1	1,8E+1 ± 2E+1	
Cs-134						
Cs-137	1,3E+3 ± 4E+1	1,4E+3 ± 5E+1	6,0E+2 ± 2E+1	1,2E+3 ± 3E+1	1,2E+3 ± 3E+1	9,0E+2 ± 2E+1
Sr-90	1,4E+2 ± 1E+1	8,6E+1 ± 1E+1	2,8E+1 ± 6E+0	1,3E+1 ± 5E+0	1,2E+1 ± 4E+0	1,3E+1 ± 3E+0

Izhajanje radona iz posodice pri izračunu ni upoštevano

A.5 Sedimenti

Tabela A.21: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sedimentov



Vzorč. mesto	Piranski zaliv	Piranski zaliv
Datum vzor.	25. 4. 2013	21. 8. 2013
Kol. vzorca (L)	48,00	51,40
Koda vzorca	RP13VM63341	RP13VM63381
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)	
U-238		
Ra-226		
Pb-210		
Ra-228		
Th-228		
Th-230		
K-40		
Be-7		
I-131		
Cs-134		
Cs-137	1,7E+00 ± 3E-01	1,6E+00 ± 2E-01
Co-58		
Co-60		
Cr-51		
Mn-54		
Zn-65		
Nb-95		
Ru-106		
Sb-125		

Vzorč. mesto	Piranski zaliv	Piranski zaliv
Datum vzor.	25. 4. 2013	21. 8. 2013
Kol. vzorca (kg)	0,50	0,56
Koda vzorca	RP13SD63341	RP13SD63381
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)	
U-238	9,5E+00 ± 2E+00	8,5E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,0E+01 ± 1E+00	1,6E+01 ± 2E+00
Pb-210	< 2E+01	1,1E+01 ± 2E+00
Ra-228	6,4E+00 ± 3E-01	5,0E+00 ± 3E-01
Th-228	6,2E+00 ± 3E-01	5,2E+00 ± 3E-01
Th-230		
K-40	1,0E+02 ± 1E+01	6,5E+01 ± 6E+00
Be-7	1,3E+01 ± 1E+00	5,5E+00 ± 5E-01
I-131		
Cs-134		
Cs-137	2,7E-01 ± 4E-02	2,5E-01 ± 5E-02
Co-58		
Co-60		
Cr-51		
Mn-54		
Zn-65		
Nb-95		
Ru-106		
Sb-125		

A.6 Zunanje sevanje



Tabela A.22: Izmerjene vrednosti zunanjega sevanja s TL dozimetri

Št. TLD	Mesto postavitve	Izmerjena doza H*(10) (mSv) v obdobju		Letna doza H*(10) (mSv)	Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv) v obdobju		Povprečna mesečna doza H*(10) (mSv)
		od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013	od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014		od 1. 1. 2013 do 1. 7. 2013	od 1. 7. 2013 do 1. 1. 2014	
1	KOČEVJE	0,426 ± 0,066	0,505 ± 0,078	0,931 ± 0,102	0,072 ± 0,011	0,083 ± 0,013	0,078 ± 0,017
2	DVOR PRI ŽUŽEMBERKU	0,450 ± 0,069	0,534 ± 0,082	0,985 ± 0,108	0,076 ± 0,012	0,088 ± 0,014	0,082 ± 0,018
3	DOBLIČE ČRNOMELJ	0,523 ± 0,081	0,588 ± 0,091	1,111 ± 0,121	0,088 ± 0,014	0,097 ± 0,015	0,093 ± 0,020
4	DRAŠIČI METLIKA	0,402 ± 0,062	0,453 ± 0,070	0,856 ± 0,093	0,068 ± 0,010	0,075 ± 0,012	0,071 ± 0,016
5	NOVO MESTO	0,341 ± 0,053	0,367 ± 0,056	0,708 ± 0,077	0,057 ± 0,009	0,061 ± 0,009	0,059 ± 0,013
6	MOKRONOG	0,452 ± 0,070	0,488 ± 0,075	0,940 ± 0,102	0,076 ± 0,012	0,081 ± 0,012	0,078 ± 0,017
7	LISCA	0,359 ± 0,055	0,410 ± 0,063	0,769 ± 0,084	0,060 ± 0,009	0,068 ± 0,010	0,064 ± 0,014
8	CELJE	0,375 ± 0,058	0,464 ± 0,071	0,839 ± 0,092	0,063 ± 0,010	0,077 ± 0,012	0,070 ± 0,015
9	ROGAŠKA SLATINA	0,372 ± 0,057	0,413 ± 0,064	0,784 ± 0,086	0,062 ± 0,010	0,068 ± 0,011	0,065 ± 0,014
10	SLOVENSKE KONJICE	0,398 ± 0,061	0,424 ± 0,065	0,822 ± 0,090	0,067 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,069 ± 0,015
11	ROGLA	0,407 ± 0,063	0,583 ± 0,090	0,990 ± 0,110	0,068 ± 0,011	0,096 ± 0,015	0,083 ± 0,018
12	MARIBOR	0,376 ± 0,058	0,423 ± 0,065	0,800 ± 0,087	0,063 ± 0,010	0,070 ± 0,011	0,067 ± 0,015
13	PTUJ	0,439 ± 0,068	0,489 ± 0,075	0,928 ± 0,101	0,074 ± 0,011	0,081 ± 0,012	0,077 ± 0,017
14	JERUZALEM ORMOŽ	0,391 ± 0,060	0,469 ± 0,072	0,860 ± 0,094	0,066 ± 0,010	0,078 ± 0,012	0,072 ± 0,016
15	LENDAVA	0,417 ± 0,064	0,479 ± 0,074	0,895 ± 0,098	0,070 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,075 ± 0,016
16	MURSKA SOBOTA	0,352 ± 0,054	0,413 ± 0,064	0,766 ± 0,084	0,059 ± 0,009	0,068 ± 0,011	0,064 ± 0,014
17	VELIKI DOLENCI	0,406 ± 0,063	0,476 ± 0,073	0,882 ± 0,096	0,068 ± 0,011	0,079 ± 0,012	0,074 ± 0,016
18	GORNJA RADGONA	0,332 ± 0,051	0,400 ± 0,062	0,732 ± 0,080	0,056 ± 0,009	0,066 ± 0,010	0,061 ± 0,013
19	SVEČINA PLAČ	0,465 ± 0,072	0,519 ± 0,080	0,984 ± 0,107	0,078 ± 0,012	0,086 ± 0,013	0,082 ± 0,018
20	RIBNICA NA POHORJU	0,400 ± 0,062	0,470 ± 0,072	0,869 ± 0,095	0,067 ± 0,010	0,078 ± 0,012	0,072 ± 0,016
21	KOTLJE	0,459 ± 0,071	0,525 ± 0,081	0,984 ± 0,107	0,077 ± 0,012	0,087 ± 0,013	0,082 ± 0,018
22	VELENJE	0,418 ± 0,064	0,460 ± 0,071	0,878 ± 0,096	0,070 ± 0,011	0,076 ± 0,012	0,073 ± 0,016
23	NAZARJE MOZIRJE	0,410 ± 0,063	0,437 ± 0,067	0,847 ± 0,092	0,069 ± 0,011	0,072 ± 0,011	0,071 ± 0,015
24	LUČE OB SAVINJI	0,393 ± 0,061	0,465 ± 0,072	0,859 ± 0,094	0,066 ± 0,010	0,077 ± 0,012	0,072 ± 0,016
25	VAČE	0,410 ± 0,063	0,450 ± 0,069	0,860 ± 0,094	0,069 ± 0,011	0,074 ± 0,011	0,072 ± 0,016
26	LJUBLJANA BEŽIGRAD	0,403 ± 0,062	0,437 ± 0,067	0,841 ± 0,092	0,068 ± 0,010	0,072 ± 0,011	0,070 ± 0,015
27	BRNIK AERODROM	0,491 ± 0,076	0,556 ± 0,086	1,047 ± 0,114	0,082 ± 0,013	0,092 ± 0,014	0,087 ± 0,019
28	JEZERSKO	0,480 ± 0,074	0,543 ± 0,084	1,023 ± 0,112	0,081 ± 0,012	0,090 ± 0,014	0,085 ± 0,019
29	PODLJUBELJ	0,393 ± 0,060	0,440 ± 0,068	0,833 ± 0,091	0,066 ± 0,010	0,073 ± 0,011	0,069 ± 0,015
30	HLEBCE LESCE	0,436 ± 0,067	0,498 ± 0,077	0,934 ± 0,102	0,073 ± 0,011	0,082 ± 0,013	0,078 ± 0,017
31	PLANINA POD GOLICO	0,416 ± 0,064	0,524 ± 0,081	0,939 ± 0,103	0,070 ± 0,011	0,087 ± 0,013	0,078 ± 0,017
32	ZDENSKA VAS	0,417 ± 0,064	0,492 ± 0,076	0,909 ± 0,099	0,070 ± 0,011	0,081 ± 0,013	0,076 ± 0,017
33	RATEČE	0,398 ± 0,061	0,489 ± 0,075	0,887 ± 0,097	0,067 ± 0,010	0,081 ± 0,012	0,074 ± 0,016
34	TRENTA	0,291 ± 0,045	0,320 ± 0,049	0,612 ± 0,067	0,049 ± 0,008	0,053 ± 0,008	0,051 ± 0,011
35	LOG POD MANGARTOM	0,437 ± 0,067	0,525 ± 0,081	0,962 ± 0,105	0,073 ± 0,011	0,087 ± 0,013	0,080 ± 0,018
36	BOVEC	0,314 ± 0,048	0,361 ± 0,056	0,675 ± 0,074	0,053 ± 0,008	0,060 ± 0,009	0,056 ± 0,012
37	TOLMIN	0,368 ± 0,057	0,398 ± 0,061	0,766 ± 0,084	0,062 ± 0,010	0,066 ± 0,010	0,064 ± 0,014
38	BILJE NOVA GORICA	0,310 ± 0,048	0,350 ± 0,054	0,659 ± 0,072	0,052 ± 0,008	0,058 ± 0,009	0,055 ± 0,012
39	VEDRIJAN KOJSKO	0,438 ± 0,067	0,405 ± 0,062	0,842 ± 0,092	0,074 ± 0,011	0,067 ± 0,010	0,070 ± 0,015
40	LOKEV PRI LIPICI	0,509 ± 0,078	0,543 ± 0,084	1,052 ± 0,115	0,086 ± 0,013	0,090 ± 0,014	0,088 ± 0,019
41	SEČOVLJE AERODROM	0,332 ± 0,051	0,335 ± 0,052	0,667 ± 0,073	0,056 ± 0,009	0,055 ± 0,009	0,056 ± 0,012
42	KOSEZE IL. BISTRICA	0,377 ± 0,058	0,415 ± 0,064	0,792 ± 0,086	0,063 ± 0,010	0,069 ± 0,011	0,066 ± 0,014
43	ZALOG POSTOJNA	0,389 ± 0,060	0,460 ± 0,071	0,849 ± 0,093	0,065 ± 0,010	0,076 ± 0,012	0,071 ± 0,015
44	NOVA VAS NA BLOKAH	0,490 ± 0,075	0,612 ± 0,094	1,102 ± 0,121	0,082 ± 0,013	0,101 ± 0,016	0,092 ± 0,020
45	VRHNIKA	0,592 ± 0,091	0,690 ± 0,106	1,283 ± 0,140	0,100 ± 0,015	0,114 ± 0,018	0,107 ± 0,023
46	VOJSKO	0,366 ± 0,056	0,474 ± 0,073	0,840 ± 0,092	0,062 ± 0,009	0,078 ± 0,012	0,070 ± 0,015
47	SORICA	0,342 ± 0,053	0,393 ± 0,060	0,735 ± 0,080	0,057 ± 0,009	0,065 ± 0,010	0,061 ± 0,013
48	STARA FUŽINA	0,279 ± 0,043	0,340 ± 0,052	0,619 ± 0,068	0,047 ± 0,007	0,056 ± 0,009	0,052 ± 0,011
49	JELENJA VAS ISKRBA	0,638 ± 0,098	0,714 ± 0,110	1,352 ± 0,147	0,107 ± 0,017	0,118 ± 0,018	0,113 ± 0,025
50	KREDARICA	0,340 ± 0,052	0,405 ± 0,062	0,745 ± 0,081	0,057 ± 0,009	0,067 ± 0,010	0,062 ± 0,014
Število merilnih mest		50	50	50	50	50	50
Povprečje - merilna mesta		0,408 ± 0,069	0,468 ± 0,082	0,877 ± 0,148	0,069 ± 0,012	0,077 ± 0,014	0,073 ± 0,016
Najvišja doza		0,638 ± 0,098	0,714 ± 0,110	1,352 ± 0,147	0,107 ± 0,017	0,118 ± 0,018	0,113 ± 0,025
Najnižja doza		0,279 ± 0,043	0,320 ± 0,049	0,612 ± 0,067	0,047 ± 0,007	0,053 ± 0,008	0,051 ± 0,011

* Dozimeter je bil izgubljen oz. ukraden; vrednosti so dobljene z ekstrapolacijo iz podatkov za drugo polletje.

** Negotovost rezultatov meritev podajamo za interval zaupanja 95 %.

A.7 Pitna voda

Tabela A.23: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode



Vzorč. mesto	VVO Prule, Ulica na grad 2, Ljubljana	OŠ Janko Kersnik, Brdo pri Lukovici 5, Žirovše - Lukovica	OŠ Nevlje, Nevlje 18, Kamnik	ZZV Logatec, Tabor, Gorenjska c. 1A, Logatec	OŠ Kovor, Kriška cesta 15, Tržič
Datum vzor.	9. 5. 2013	15. 4. 2013	9. 5. 2013	21. 6. 2013	9. 5. 2013
Kol. vzorca (L)	51,23	50,73	50,95	51,25	50,27
Koda vzorca	RP13VD100051	RP13VD122541	RP13VD124151	RP13VD137061	RP13VD429051
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	1,1E+00 ± 8E-01	4,3E+00 ± 1E+00	1,2E+00 ± 4E-01	< 5E+00	5,3E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,8E+00 ± 1E+00	2,6E+00 ± 6E-01	< 4E-01	8,1E+00 ± 1E+00	3,2E+00 ± 5E-01
Pb-210	< 4E+00	7,4E+00 ± 3E+00	5,0E-01 ± 3E-01	4,8E+00 ± 2E+00	< 5E+00
Ra-228	< 7E-01	6,1E-01 ± 4E-01	4,8E-01 ± 1E-01	7,8E-01 ± 4E-01	< 1E+00
Th-228	2,5E-01 ± 2E-01	5,0E-01 ± 2E-01		2,4E-01 ± 2E-01	2,8E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	2,4E+01 ± 2E+00	7,7E+00 ± 2E+00	3,1E+00 ± 7E-01	7,3E+00 ± 2E+00	5,9E+00 ± 2E+00
Be-7		4,6E+00 ± 9E-01			7,0E+00 ± 2E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137			< 4E-02		
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	< 5E-01	5,3E-01 ± 9E-02	2,5E+00 ± 2E-01	1,0E+00 ± 1E-01	1,2E+00 ± 1E-01
H-3	6,0E+02 ± 9E+01	1,0E+03 ± 2E+02	6,5E+02 ± 7E+01	3,5E+02 ± 6E+01	6,4E+02 ± 2E+02

Vzorč. mesto	OŠ Cerknica, Cesta 4. maja 92, Cerknica	OŠ Tone Okrogar, Šolska 1, Zagorje, Šemenik - Izlake	Dom upokojencev Franca Salomona, Trbovlje	Vrtec Sladki Vrh, Sladki Vrh 8b, Maribor	Trgovina Mlinotest, Nova Gorica
Datum vzor.	21. 6. 2013	15. 4. 2013	15. 4. 2013	21. 6. 2013	21. 6. 2013
Kol. vzorca (L)	51,73	51,23	50,71	51,43	51,49
Koda vzorca	RP13VD138061	RP13VD141141	RP13VD142041	RP13VD200061	RP13VD500061
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	< 1E+01		< 9E+00	1,2E+01 ± 2E+00	1,6E+00 ± 1E+00
Ra-226	1,2E+01 ± 2E+00	4,1E+00 ± 8E-01	5,8E+00 ± 9E-01	1,5E+00 ± 4E-01	< 6E-01
Pb-210	< 3E+00	3,5E+00 ± 2E+00	6,4E+00 ± 2E+00	< 5E+00	< 3E+00
Ra-228	< 1E+00	5,5E-01 ± 4E-01	1,5E+00 ± 5E-01	1,6E+00 ± 6E-01	2,2E+00 ± 7E-01
Th-228	< 3E-01	2,7E-01 ± 1E-01	5,8E-01 ± 2E-01	< 5E-01	< 4E-01
Th-230					
K-40	1,5E+01 ± 2E+00	1,4E+01 ± 2E+00	2,3E+01 ± 3E+00	7,7E+01 ± 9E+00	4,2E+00 ± 2E+00
Be-7		7,8E+00 ± 1E+00	6,1E+00 ± 1E+00	< 3E+00	
I-131					
Cs-134					
Cs-137			< 3E-01		< 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	2,1E+00 ± 1E-01	5,1E-01 ± 1E-01	9,5E-01 ± 1E-01	2,8E+00 ± 2E-01	2,1E+00 ± 2E-01
H-3	5,8E+02 ± 2E+02	8,5E+02 ± 2E+02	7,0E+02 ± 1E+02	7,3E+02 ± 2E+02	4,7E+02 ± 6E+01



Tabela A.24: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih pitne vode

Vzorč. mesto	Mercator center, Ravne na Koroškem	Vrtec Mestinje, Mestinje 43, Rogaška Slatina	Zdravilišče Laško	OŠ Naklo, Glavna cesta 47, Naklo	Gostilna Moravec, Mali Nerajec 4A, Dragatuš
Datum vzor.	15. 7. 2013	15. 7. 2013	21. 6. 2013	9. 5. 2013	19. 6. 2013
Kol. vzorca (L)	52,7	52,34	51,15	51,39	51,43
Koda vzorca	RP13VD239071	RP13VD325071	RP13VD327061	RP13VD400051	RP13VD834061
IZOTOP	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/m ³)				
U-238	9,9E-01 ± 4E-01	1,8E+01 ± 5E+00	2,2E+00 ± 7E-01	2,4E+00 ± 1E+00	4,3E+00 ± 3E+00
Ra-226	3,6E+00 ± 5E-01	5,9E+00 ± 7E-01	5,1E+00 ± 6E-01	3,6E+00 ± 1E+00	1,9E+00 ± 6E-01
Pb-210	1,3E+00 ± 3E-01	< 5E+00	1,7E+00 ± 4E-01	< 3E+00	3,5E+00 ± 2E+00
Ra-228	4,2E-01 ± 2E-01	2,8E+00 ± 5E-01	1,4E+00 ± 3E-01	3,6E-01 ± 3E-01	1,6E+00 ± 1E+00
Th-228	2,4E-01 ± 5E-02	4,9E-01 ± 2E-01	1,5E-01 ± 5E-02	< 4E-01	2,7E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	4,2E+00 ± 9E-01	1,4E+01 ± 4E+00	6,2E+00 ± 1E+00	4,5E+00 ± 2E+00	6,3E+00 ± 3E+00
Be-7	2,2E+00 ± 4E-01	< 3E+00	2,4E+00 ± 5E-01	4,5E+00 ± 9E-01	1,9E+00 ± 1E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137					
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	3,9E-01 ± 8E-02	5,3E-01 ± 1E-01	5,6E-01 ± 9E-02	2,3E+00 ± 2E-01	2,9E+00 ± 2E-01
H-3	9,8E+02 ± 2E+02	8,9E+02 ± 2E+02	7,6E+02 ± 2E+02	7,2E+02 ± 9E+01	5,8E+02 ± 7E+01

A.8 Hrana

Tabela A.25: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Ljubljana

ZVD

Oznaka vzorca	MLLJ0213	MLLJ0413	MLLJ0613	MLLJ0813	MLLJ1013	MLLJ1213	
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	Letno
Datum mer.	13.3.2013	14.5.2013	10.7.2013	10.9.2013	8.11.2013	7.1.2014	
Dat. mer. Sr-90	10.4.2013	7.6.2013	21.8.2013	8.10.2013	17.12.2013	28.1.2014	
Kol. vzorca (g)	10860	10872	2813	10822	10916	10486	povprečje
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)						
U (²³⁴ Th)	2,2E-2 ± 2E-2			1,9E-1 ± 9E-2		2,9E-1 ± 6E-2	
²²⁶ Ra	1,8E-2 ± 4E-3		3,1E-2 ± 1E-2			2,4E-2 ± 8E-3	2,4E-2
²¹⁰ Pb	< 8,3E-2		1,3E-1 ± 8E-2	9,5E-2			1,0E-1
Th (²²⁸ Ra)				1,9E-2 ± 1E-2	1,8E-2 ± 1E-2	4,5E-2 ± 3E-2	2,7E-2
²²⁸ Th					2,2E-2 ± 1E-2		
⁴⁰ K	4,8E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 2E+0	5,1E+1 ± 2E+0	4,9E+1 ± 1E+0	5,0E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 1E+0	5,0E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	4,7E-2 ± 4E-3	3,9E-2 ± 3E-3	3,8E-2 ± 5E-3	4,7E-2 ± 5E-3	4,6E-2 ± 4E-3	4,0E-2 ± 5E-3	4,3E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	2,8E-2 ± 4E-3	4,2E-2 ± 5E-3	3,5E-2 ± 5E-3	2,4E-2 ± 4E-3	5,5E-2 ± 5E-3	3,5E-2 ± 5E-3	3,6E-2

Tabela A.26: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Kobarid

ZVD

Oznaka vzorca	MLKO0213	MLKO0413	MLKO0613	MLKO0813	MLKO1013	MLKO1213	
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	Letno
Datum mer.	13.3.2013	15.5.2013	12.7.2013	12.9.2013	12.11.2013	9.1.2014	
Dat. mer. Sr-90	10.4.2013	7.6.2013	21.8.2013	8.10.2013	17.12.2013	28.1.2014	
Kol. vzorca (g)	9800	9200	8558	8416	8122	7882	povprečje
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)						
U (²³⁴ Th)	6,7E-2 ± 5E-2	1,8E-1 ± 6E-2			9,9E-2 ± 4E-2	4,9E-1 ± 1E-1	2,1E-1
²²⁶ Ra		2,2E-2 ± 6E-3		8,9E-2 ± 8E-2		1,8E-2 ± 8E-3	4,3E-2
²¹⁰ Pb		9,6E-2 ± 6E-3	7,5E-2 ± 7E-2	7,2E-2 ± 6E-2	5,9E-2 ± 5E-2	1,3E-1	8,6E-2
Th (²²⁸ Ra)		5,9E-2 ± 1E-2					5,9E-2
²²⁸ Th					1,9E-2 ± 1E-2	5,0E-2 ± 2E-2	
⁴⁰ K	4,8E+1 ± 3E+0	5,0E+1 ± 1E+0	4,8E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 1E+0	4,8E+1 ± 1E+0	5,0E+1 ± 1E+0	4,9E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	7,7E-2 ± 6E-3	6,1E-2 ± 4E-3	7,4E-2 ± 7E-3	8,7E-2 ± 7E-3	9,1E-2 ± 5E-3	8,3E-2 ± 8E-3	7,9E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	5,0E-2 ± 5E-3	5,4E-2 ± 6E-3	4,6E-2 ± 5E-3	5,7E-2 ± 6E-3	5,6E-2 ± 6E-3	5,9E-2 ± 6E-3	5,4E-2

ZVD

Tabela A.27: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Bohinjska Bistrica

Oznaka vzorca	MLBB0213	MLBB0413	MLBB0613	MLBB0813	MLBB1013	MLBB1213	
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	Letno
Datum mer.	14.3.2013	13.5.2013	16.7.2013	10.9.2013	11.11.2013	8.1.2013	
Dat. mer. Sr-90	10.4.2013	7.6.2013	21.8.2013	8.10.2013	17.12.2013	28.1.2014	
Kol. vzorca (g)	9052	9433	8961	9236	9316	9512	povprečje
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)						
U (²³⁴ Th)		7,5E-2 ± 6E-2	1,1E-1 ± 4E-2	1,3E-1 ± 6E-2			1,1E-1
²²⁶ Ra		1,3E-2 ± 6E-3		2,1E-2 ± 8E-3		1,8E-2 ± 9E-3	1,7E-2
²¹⁰ Pb	3,5E-2 ± 3E-2	6,1E-2 ± 5E-3 <	5,3E-2		6,5E-2 ± 5E-2 <	6,5E-2	5,6E-2
Th (²²⁸ Ra)		3,5E-2 ± 2E-2	3,7E-2 ± 2E-2	3,2E-2 ± 2E-2		1,9E-2 ± 1E-2	
²²⁸ Th			3,2E-2 ± 1E-2		2,6E-2 ± 2E-2	1,4E-2 ± 1E-2	
⁴⁰ K	5,0E+1 ± 3E+0	4,9E+1 ± 1E+0	4,8E+1 ± 3E+0	4,8E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0	5,1E+1 ± 3E+0	4,9E+1
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	3,3E-2 ± 3E-3	2,0E-2 ± 5E-3	7,2E-2 ± 6E-3	1,1E-1 ± 7E-3	1,6E-1 ± 8E-3	6,9E-2 ± 6E-3	7,7E-2
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	1,4E-2 ± 4E-3	1,5E-2 ± 4E-3	1,6E-2 ± 4E-3	8,9E-3 ± 4E-3	1,6E-2 ± 4E-3	2,7E-2 ± 4E-3	1,6E-2

ZVD

Tabela A.28: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih mleka - Murska Sobota

Oznaka vzorca	MLMS0213	MLMS0413	MLMS0613	MLMS0813	MLMS1013	MLMS1213	
Datum vz.	jan - feb	mar - apr	maj - jun	jul - avg	sep - okt	nov - dec	Letno
Datum mer.	14.3.2013	8.5.2013	10.7.2013	9.9.2013	7.11.2003	3.1.2014	
Dat. mer. Sr-90	10.4.2013	7.6.2013	21.8.2013	26.9.2013	17.12.2013	28.1.2014	
Kol. vzorca (g)	500	550	500	500	500	500	povprečje
Izotop	SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq / kg)						
U (²³⁴ Th)		1,2E+0 ± 1E+0					1,2E+0
²²⁶ Ra	7,6E-2 ± 5E-2	2,1E-1 ± 2E-1		6,1E-2 ± 5E-2		7,0E-2 ± 3E-2	1,0E-1
²¹⁰ Pb	< 3,9E-1	1,4E+0 ± 1E+0					9,2E-1
Th (²²⁸ Ra)		6,0E-1 ± 4E-1					6,0E-1
²²⁸ Th					4,1E-1 ± 2E-1		
⁴⁰ K	5,3E+2 ± 4E+1	5,3E+2 ± 4E+1	5,3E+2 ± 4E+1	5,5E+2 ± 4E+1	5,3E+2 ± 3E+1	5,4E+2 ± 4E+1	5,4E+2
⁷ Be							
¹³⁴ Cs							
¹³⁷ Cs	4,1E-1 ± 3E-2	2,9E-1 ± 8E-2	3,3E-1 ± 1E-1	9,4E-1 ± 1E-1	3,0E-1 ± 6E-2	1,2E+0 ± 7E-2	
¹³¹ I							
⁹⁰ Sr	2,6E-1 ± 4E-2	3,2E-1 ± 5E-2	2,6E-1 ± 4E-2	7,1E-2 ± 4E-2	3,6E-1 ± 5E-2	5,2E-1 ± 7E-3	3,0E-1

Tabela A.29: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih živil živalskega izvora

ZVD

Oznaka vzorca	MS010213	MS020213	MS030413	MS040413	MS050513
Vzorec	jajca	piščanec	goveje meso	svinjsko meso	sir poltrdi
Kraj vz.:	Moravske Toplice	Pivka	Celje	Rače	Senožeče
Datum vzor.	20.2.2013	26.2.2013	2.4.2013	15.4.2013	15.5.2013
Datum merj.	28.2.2013	11.3.2013	12.4.2013	23.4.2013	24.5.2013
Dat. mer. Sr-90	15.5.2013	15.5.2013	15.5.2013	15.5.2013	26.6.2013
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)				
U (²³⁴ Th)		7,5E-2 ± 4,E-02	6,6E-1 ± 1E-1		
²²⁶ Ra	1,2E-1 ± 1E-2	1,2E-1 ± 1,E-02	9,4E-2 ± 2E-2		8,4E-2 ± 2E-2
²¹⁰ Pb	< 1,9E-1		< 2,7E-1	2,7E-1 ± 2,E-01	5,3E-1 ± 2E-1
Th (²²⁸ Ra)	3,9E-2 ± 2E-2		7,9E-2 ± 5E-2		
²²⁸ Th		4,8E-2 ± 2,E-02			7,7E-2 ± 5E-2
⁴⁰ K	4,0E+1 ± 2E+0	9,3E+1 ± 5E+0	6,9E+1 ± 2E+0	9,2E+1 ± 5E+0	3,1E+1 ± 2E+0
⁷ Be					
¹³⁴ Cs					
¹³⁷ Cs	< 3,8E-2	3,6E-2 ± 6E-3	4,9E-2 ± 8E-3	9,0E-2 ± 1E-2	6,9E-1 ± 3E-2
¹³¹ I					
⁹⁰ Sr	< 1,5E-2	< 2,4E-2	< 2,0E-2	< 2,8E-2	< 5,8E-2

Oznaka vzorca	MS060513	MS070613	MS081013	
Vzorec	srnjak	postrvi	skuta	
Kraj vz.:	Škofja Loka	Ptuj	Grm Novo mesto	
Datum vzor.	22.5.2013	27.6.2013	10.10.2013	
Datum merj.	31.5.2013	26.7.2013	16.10.2013	
Dat. mer. Sr-90	26.6.2013	21.8.2013	6.11.2013	Povprečje
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)			Bq/kg
U (²³⁴ Th)				9,2E-02
²²⁶ Ra	1,8E-2 ± 2E-2	9,4E-2 ± 1,E-02	6,1E-2 ± 7E-3	7,4E-02
²¹⁰ Pb		3,2E-1 ± 7E-2		2,0E-01
Th (²²⁸ Ra)	8,6E-2 ± 4E-3			2,6E-02
²²⁸ Th	4,0E-2 ± 3E-2	6,5E-2 ± 2,E-02		2,9E-02
⁴⁰ K	8,8E+1 ± 2E+0	1,1E+2 ± 6E+0	3,8E+1 ± 2E+0	7,1E+01
⁷ Be				
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	1,7E-1 ± 1E-2	5,8E-2 ± 8E-3	3,3E-3 ± 3E-4	1,4E-01
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	< 1,7E-2	< 4,6E-2	< 1,3E-2	2,8E-02

ZVD

Tabela A.30: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih kruha in žitaric

Oznaka vzorca	MO010313	MO020313	MO030313	MO040313
Vzorec	kruh koruzni	kruh beli	bela moka	ajdova moka
Kraj vzor.	Grosuplje	Ljubljana	Murska Sobota	Šentjernej
Datum vzor.	19.3.2013	20.3.2013	19.3.2013	19.3.2013
Datum merj.	25.3.2013	27.3.2013	26.3.2013	25.3.2013
Dat. mer. Sr-90	13.5.2013	13.5.2013	13.5.2013	15.5.2013
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)			6,9E-2 ± 2E-2	1,5E-1 ± 1E-1
²²⁶ Ra			2,1E-2 ± 3E-3	
²¹⁰ Pb		< 1,7E-1		4,6E-1 ± 1,0E-1
Th (²²⁸ Ra)			9,3E-2 ± 7E-3	
²²⁸ Th			1,3E-2 ± 6E-3	
⁴⁰ K	4,2E+1 ± 2E+0	4,6E+1 ± 3E+0	5,2E+1 ± 3E+0	1,2E+2 ± 7E+0
⁷ Be				
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	< 6,7E-2	< 7,0E-2	9,2E-3 ± 6E-3	9,4E-1 ± 3E-2
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	5,4E-1 ± 4E-2	3,9E-2 ± 1E-2	6,2E-2 ± 7E-3	9,0E-2 ± 1E-2

Oznaka vzorca	MO050913	MO060913	
Vzorec	ječmen	pšenica	
Kraj vzor.	Sevnica	Bodonci	
Datum vzor.	8.9.2013	7.9.2013	
Datum merj.	13.9.2013	13.9.2013	
Dat. mer. Sr-90	6.11.2013	6.11.2013	Povprečje
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)	2,1E-1 ± 1E-1	1,9E-1 ± 1,0E-1	1,5E-1 ± 6E-2
²²⁶ Ra	4,0E-1 ± 2E-2	5,2E-1 ± 3,0E-2	3,1E-1 ± 3E-1
²¹⁰ Pb	1,3E+0 ± 1E-1	3,2E-1 ± 2E-1	5,5E-1 ± 5E-1
Th (²²⁸ Ra)	3,1E-1 ± 3E-2	4,9E-01 ± 6,0E-2	3,0E-1 ± 2E-1
²²⁸ Th	1,1E-1 ± 2E-2		6,2E-2 ± 7E-2
⁴⁰ K	1,6E+2 ± 9E+0	1,3E+2 ± 7E+0	9,2E+1 ± 5E+1
⁷ Be	5,8E+0 ± 2E-1		
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	3,1E-2 ± 7E-3	< 1,2E-1	2,1E-1 ± 4E-1
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	1,4E-1 ± 3E-2	2,4E-1 ± 4E-2	1,9E-1 ± 2E-1

Tabela A.31: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih sadja

ZVD

Oznaka vzorca	SS010513	SS020713	SS030713	SS040813
Vzorec	jagode	češnje	breskve	slive
Kraj vz.	Brežice	Ljubljana	Dornberk	Koper
Datum vzor.	22.5.2013	17.7.2013	22.7.2013	27.8.2013
Datum merj.	28.5.2013	23.7.2013	26.7.2013	5.9.2013
Dat. mer. Sr-90	26.6.2013	21.8.2013	21.8.2013	18.10.2013
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)		4,2E-2 ± 3,E-02	8,9E-2 ± 7E-2	7,6E-1 ± 1E-1
²²⁶ Ra	1,8E-2 ± 3E-3	3,7E-2 ± 5,E-03	2,0E-2 ± 7E-3	3,9E-2 ± 9E-3
²¹⁰ Pb	1,9E-2 ± 1E-2		1,9E-1 ± 5E-2	8,8E-2 ± 7,E-02
Th (²²⁸ Ra)	4,7E-2 ± 5E-3	2,7E-02 ± 1,E-02	3,6E-2 ± 2E-2	
²²⁸ Th	1,8E-2 ± 5E-3			
⁴⁰ K	3,8E+1 ± 2E+0	7,0E+1 ± 4E+0	4,6E+1 ± 1E+0	5,1E+1 ± 3E+0
⁷ Be	3,4E-1 ± 2E-2	4,7E-1 ± 3E-2	8,1E-1 ± 4E-2	1,6E-1 ± 4E-2
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	< 1,1E-2	9,3E-3 ± 2E-3	< 2,5E-2	< 4,4E-2
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	2,8E-2 ± 7E-3	< 1,0E-2	< 4,2E-3	< 2,5E-2

Oznaka vzorca	SS050813	SS060813	
Vzorec	hruške	jabolka	
Kraj vz.	Ptuj	Vipava	
Datum vzor.	24.8.2013	27.8.2013	
Datum merj.	9.9.2013	4.9.2013	
Dat. mer. Sr-90	18.10.2013	18.10.2013	Povprečje
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)	1,3E-1 ± 7E-2	5,8E-1 ± 1,E-01	3,2E-1 ± 3,3E-1
²²⁶ Ra		9,4E-2 ± 2,E-02	4,2E-2 ± 3,1E-2
²¹⁰ Pb	1,2E-1 ± 6E-2	2,5E-1 ± 1E-1	1,3E-1 ± 9,0E-2
Th (²²⁸ Ra)	2,9E-2 ± 2E-2		3,5E-2 ± 9,0E-3
²²⁸ Th	3,8E-2 ± 2E-2	6,3E-2 ± 3,E-02	< 4,0E-2
⁴⁰ K	3,3E+1 ± 1E+0	3,4E+1 ± 1E+0	4,5E+1 ± 1,4E+1
⁷ Be	1,5E-1 ± 4E-2	3,1E-1 ± 8E-2	3,7E-1 ± 2,5E-1
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	< 4,2E-2	< 8,4E-2	3,6E-2 ± 2,8E-2
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	< 2,5E-2	< 8,8E-3	1,7E-2 ± 1,0E-2

ZVD

Tabela A.32: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih zelenjave

Oznaka vzorca	SZ010513	SZ020513	SZ030713	SZ040813
Vzorec	solata	radič	krompir	paradižnik
Kraj vz.:	Ljubljana	Sežana	Ljubljana	Ptuj
Datum vzor.	22.5.2013	22.5.2013	17.7.2013	24.8.2013
Datum merj.	29.5.2013	28.5.2013	24.7.2013	5.9.2013
Dat. mer. Sr-90	26.6.2013	26.6.2013	21.8.2013	18.10.2013
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)			
U (²³⁴ Th)	3,9E-1 ± 1E-1	1,5E-1 ± 9,E-02	1,3E-1 ± 8E-2	1,1E-1 ± 1E-1
²²⁶ Ra		4,7E-2 ± 1,E-02	3,6E-2 ± 1E-2	3,3E-2 ± 9E-3
²¹⁰ Pb	3,4E-1 ± 1E-1	1,7E+0 ± 2E-1	1,1E-1 ± 7E-2	1,0E-1 ± 6,E-02
Th (²²⁸ Ra)	9,0E-2 ± 5E-2			3,4E-02 ± 2,E-02
²²⁸ Th	8,8E-2 ± 3E-2	4,5E-2 ± 2,E-02	3,3E-2 ± 2,E-02	1,7E-1 ± 5E-2
⁴⁰ K	1,0E+2 ± 6E+0	1,7E+2 ± 8E+0	1,3E+2 ± 7E+0	6,2E+1 ± 2E+0
⁷ Be	8,0E-1 ± 7E-2	2,0E+1 ± 6E-1		
¹³⁴ Cs				
¹³⁷ Cs	< 7,3E-2	3,3E-2 ± 6E-3	2,7E-2 ± 5E-3	6,8E-3 ± 6E-3
¹³¹ I				
⁹⁰ Sr	4,4E-2 ± 1E-2	4,5E-2 ± 2E-2	1,9E-2 ± 9E-3	1,9E-2 ± 9E-3

Oznaka vzorca	SZ050813	SZ060813	
Vzorec	zelje	bučke	
Kraj vz.:	Celje	Koper	
Datum vzor.	27.8.2013	27.8.2013	
Datum merj.	4.9.2013	4.9.2013	
Dat. mer. Sr-90	18.10.2013	18.10.2013	Povprečje
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)		
U (²³⁴ Th)			1,9E-1 ± 1,3E-1
²²⁶ Ra		1,7E-2 ± 4,E-03	3,3E-2 ± 1,2E-2
²¹⁰ Pb			5,6E-1 ± 7,7E-1
Th (²²⁸ Ra)			6,2E-2 ± 4,0E-2
²²⁸ Th		5,6E-02 ± 1,E-02	< 7,8E-2
⁴⁰ K	7,1E+1 ± 4E+0	8,6E+1 ± 5E+0	1,0E+2 ± 4,1E+1
⁷ Be			1,0E+1 ± 1,3E+1
¹³⁴ Cs			
¹³⁷ Cs	1,8E-2 ± 7E-3	1,9E-2 ± 3E-3	2,9E-2 ± 2,3E-2
¹³¹ I			
⁹⁰ Sr	< 1,1E-2	2,6E-2 ± 6E-3	2,7E-2 ± 1,4E-2

ZVD

Tabela A.33: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih obroka hrane

Oznaka vzorca	OHNM0313	OHKP0413	OHMB0313	OHLJ0313	OHKJ0413
Vzorec	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana	otročka hrana
Kraj vz.:	Novo mesto	Koper	Maribor	Ljubljana	Kranj
Datum vzor.	15.3. - 19.3.13	8.4. - 12.4.13	25.3. - 29.3.13	18.3. - 22.3.13	22.4. - 26.4.13
Datum merj.	22.3.2013	19.4.2013	9.4.2013	4.4.2013	17.5.2013
Dat mer. Sr-90	3.6.2013	5.6.2013	5.6.2013	3.6.2013	29.7.2013
Izotop	SPECIFICNA AKTIVNOST(Bq / kg)				
U (²³⁴ Th)	4,1E-1 ± 8E-2	6,2E-2 ± 4,E-02	3,3E-2 ± 2E-2	2,0E-1 ± 6E-2	1,4E-1 ± 4E-2
²²⁶ Ra	9,4E-3 ± 6E-3	4,2E-2 ± 5,E-03		3,6E-2 ± 9E-3	2,5E-2 ± 6E-3
²¹⁰ Pb	6,5E-2 ± 5E-2	1,2E-1 ± 4E-2			< 5,9E-2
Th (²²⁸ Ra)	1,9E-2 ± 1E-2	3,8E-02 ± 1,E-02	2,9E-2 ± 6E-3		9,0E-2 ± 1E-2
²²⁸ Th			9,4E-3 ± 6,E-03	4,0E-2 ± 2E-2	
⁴⁰ K	4,3E+1 ± 1E+0	4,5E+1 ± 1E+0	4,4E+1 ± 2E+0	5,1E+1 ± 1E+0	3,8E+1 ± 1E+0
⁷ Be					
¹³⁴ Cs					
¹³⁷ Cs	2,5E-2 ± 3E-3	1,5E-2 ± 3E-3	2,5E-2 ± 2E-3	3,7E-2 ± 6E-3	2,1E-2 ± 3E-3
¹³¹ I					
⁹⁰ Sr	2,9E-2 ± 6E-3	< 8,5E-3	9,1E-3 ± 5E-3	1,1E-1 ± 1E-2	< 5,6E-3

A.9 Krmila

Tabela A.34: Specifične aktivnosti izotopov v vzorcih krme



Vzorč. mesto	Jata Emona d. d.	Zgornji Tuštanj	Zgornji Tuštanj	Bačne	Žirovski vrh
Vrsta vzorca	Krmna mesanica	Koruzna silaža	Travna silaža	Seno	Seno
Datum vzor.	17. 7. 2013	10. 7. 2013	10. 7. 2013	10. 7. 2013	10. 7. 2013
Kol.vzorca (kg)	0,5282	0,2166	0,1752	0,1406	0,1279
Odstotek suhe snovi	94,6	38,9	30,1	92,4	95,4
Koda vzorca	RP13KRM10071	RP13KRMKS125171	RP13KRMTS125171	RP13KRMS422471	RP13KRMS422671
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	8,7E+00 ± 1E+00			< 2E+00	
Ra-226	2,4E+00 ± 1E+00	3,5E+00 ± 1E+00	2,8E+00 ± 6E-01	2,6E+00 ± 1E+00	6,2E+00 ± 3E+00
Pb-210	< 3E+00	1,4E+01 ± 2E+00	3,7E+00 ± 3E-01	2,1E+01 ± 2E+00	2,6E+01 ± 5E+00
Ra-228	8,2E-01 ± 2E-01	< 5E-01	1,4E+00 ± 2E-01	2,3E+00 ± 4E-01	< 7E-01
Th-228	3,6E-01 ± 2E-01	1,1E-01 ± 7E-02	1,1E+00 ± 2E-01	4,9E-01 ± 1E-01	3,8E-01 ± 3E-01
Th-230					
K-40	2,0E+02 ± 2E+01	1,2E+02 ± 1E+01	2,7E+02 ± 3E+01	6,9E+02 ± 7E+01	3,4E+02 ± 3E+01
Be-7		< 2E+00	3,1E+01 ± 2E+00	1,1E+02 ± 8E+00	1,7E+02 ± 9E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137		1,5E-01 ± 6E-02	6,1E-01 ± 7E-02		2,7E+00 ± 4E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	9,5E-02 ± 9E-03	5,0E-01 ± 3E-02	7,9E-01 ± 5E-02	8,9E+00 ± 5E-01	6,2E+00 ± 3E-01

Vzorč. mesto	Praprotno	Praprotno	Pivka perutninarstvo d. d.	Brege	Brege
Vrsta vzorca	Seno	Trava	Krmna mešanica s fosfati (Bro finiher)	Seno	Trava
Datum vzor.	10. 7. 2013	10. 7. 2013	21. 8. 2013	10. 6. 2013	10. 6. 2013
Kol.vzorca (kg)	0,1564	0,0824	0,5029	0,1634	0,1364
Odstotek suhe snovi	94,6	16,9	95,4	84	43
Koda vzorca	RP13KRMS422771	RP13KRMT422771	RP13KRM625781	RP13KRM827S61	RP13KRM827T61
SPECIFIČNA AKTIVNOST (Bq/kg)					
U-238	2,0E+00 ± 1E+00		1,0E+01 ± 7E-01		8,9E+00 ± 4E+00
Ra-226	4,8E+00 ± 2E+00	2,3E+00 ± 7E-01	1,4E+00 ± 8E-01	5,1E+00 ± 2E+00	5,5E+00 ± 4E+00
Pb-210	2,2E+01 ± 2E+00	< 2E+00	< 8E-01	2,0E+01 ± 3E+00	< 4E+01
Ra-228	1,6E+00 ± 5E-01	7,8E-01 ± 3E-01	5,8E-01 ± 3E-01	2,2E+00 ± 3E-01	< 2E+00
Th-228	1,5E+00 ± 1E-01	2,1E-01 ± 1E-01	9,7E-01 ± 7E-02	1,9E+00 ± 2E-01	7,0E-01 ± 2E-01
Th-230					
K-40	5,4E+02 ± 5E+01	2,7E+02 ± 3E+01	2,8E+02 ± 3E+01	4,6E+02 ± 4E+01	4,1E+02 ± 4E+01
Be-7	1,3E+02 ± 9E+00	2,5E+01 ± 2E+00	< 7E-01	1,2E+02 ± 6E+00	1,2E+02 ± 6E+00
I-131					
Cs-134					
Cs-137	1,1E+00 ± 2E-01	3,0E-01 ± 5E-02	2,1E-01 ± 7E-02	1,8E+00 ± 1E-01	1,5E+00 ± 2E-01
Co-58					
Co-60					
Cr-51					
Mn-54					
Zn-65					
Nb-95					
Ru-106					
Sb-125					
Sr-89/Sr-90	8,4E-01 ± 6E-02	1,8E+00 ± 9E-02	2,0E-01 ± 2E-02	1,5E+00 ± 1E-01	5,1E-01 ± 3E-02



Beleške

Poročilo o obsevanosti prebivalcev Slovenije v letu 2013

V pričujočem poročilu so zbrani, analizirani in komentirani rezultati meritev radioaktivnosti umetnih in naravnih radionuklidov v vzorcih biosfere, kakor tudi v posameznih členih prehranske verige. Radioaktivnost okolja je posledica globalnega onesnaženja zaradi poskusnih jedrskih eksplozij v ozračju in jedrskih nesreč v Černobilu in Fukušimi. Prispevek zaradi nesreče v Fukušimi je v Sloveniji zanemarljiv. Na podlagi rezultatov meritev radioaktivnosti v okviru različnih monitoringov, ki se izvajajo v Sloveniji pod okriljem Ministrstva za zdravje in Ministrstva za kmetijstvo in okolje, smo izdelali oceno doz prebivalstva zaradi izpostavljenosti dolgoživim umetnim radionuklidom (naravni so izvzeti). Ocenili smo doze sevanja po različnih ekspozicijskih prenosnih poteh. Ocenjena doza zaradi izpostavljenosti umetnim radionuklidom po vseh prenosnih poteh, znaša v letu 2013 za dojenčke $< 12,2 \mu\text{Sv}$, za otroke od 7 do 12 let $< 8,2 \mu\text{Sv}$ in za odrasle $< 7,1 \mu\text{Sv}$. Ta vrednost predstavlja približno 1 % mejne letne doze za dolgoročno izpostavljenost posameznika iz prebivalstva ionizirajočemu sevanju.

ZVD Zavod za varstvo pri delu d.d.

Center za fizikalne meritve

Laboratorij za meritve specifičnih aktivnosti radionuklidov

<http://www.zvd.si/zvd/podrocja-dela/varstvo-pred-sevanji-in-meritve-radioaktivnosti/>

Slika na naslovnici: Marko Giacomelli • marko.giacomelli@zvd.si