

Tvirtinu:  
Fizinių ir technologijos mokslų centro direktorius

Prof. dr. Vidmantas Remeikis

2013 m. 03 mėn. 29 d.

**UŽSAKOMOJO DARBO**

**TOLIMŲJŲ ORO TERŠALŲ PERNAŠŲ IŠ KITŲ VALSTYBIŲ POVEIKIO  
BENDRAM LIETUVOS ORO BASEINO UŽTERŠTUMO LYGIUI IR  
RADIOLOGINĖS APLINKOS BEI ATMOSFEROS UŽTERŠTUMO  
RADIONUKLIDAIŠ LIETUVOJE ĮVERTINIMAS**

2012 m. birželio 22 d. sutartis: Nr. 4F12-63

**ATASKAITA**  
(IV dalis)

**Fizinių ir technologijos mokslų centras**  
**Fizikos institutas**  
Savanorių pr.231, LT-02300, Vilnius

Vilnius 2013  
**VYKDYTOJŲ SĄRAŠAS**

vyr. m. d. Arūnas Gudelis, IV dalies darbų vadovas

vyr. m. d. Tatjana Nedveckaitė

m. d. Darius Valiulis

inž. Inga Gorina

inž. Gintautas Kandrotas

inž. Vida Kandrotienė

sargė-budėtoja Alina Švelinska

## ANOTACIJA

Užsakomojo darbo pagal 2012 m. birželio 22 d. sutartį Nr. 4F12-63 IV dalyje atliktas radiologinės aplinkos bei atmosferos užterštumo radionuklidais įvertinimas Vilniaus mieste ir Ignalinos AE aplinkoje (Vosyliškių stotyje, esančioje 3,5 km atstumu nuo Ignalinos AE), išmatavus radionuklidų tūrinį aktyvumą ore. Mėginių paėmimo tikslu buvo vykdomas nepertraukiamas oro mėginių rinkimas, filtruojant orą per aerosolinius FPP-15 (Petrianovo) tipo filtrus. Vilniaus stotyje eksponuoti 26 filtrai, darbo rezultatai apima laikotarpį nuo 2011 m. gruodžio 21 d. iki 2013 m. sausio 3 d.; Vosyliškių stotyje eksponuota 30 filtrų, apimant laikotarpį nuo 2011 m. gruodžio 29 d. iki 2013 m. sausio 9 d. Tyrimų metu pažemio atmosferos ore buvo stebėti gamtiniai radionuklidai  $^7\text{Be}$  ir  $^{210}\text{Pb}$  bei technogeninės kilmės  $^{137}\text{Cs}$ . Jokių anomalijų nei kokybine (“nauji” radionuklidai), nei kiekybine prasme (reikšmingas  $^7\text{Be}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{210}\text{Pb}$  aktyvumo koncentracijos padidėjimas) stebėta nebuvo.

## I. Radiologinės aplinkos įvertinimas Vilniaus mieste

Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos darbai, suplanuoti pagal jos dalį “Radiologinis monitoringas”, Vilniaus mieste buvo pradėti 2005 m. balandžio 30 dieną [1]. 2012 m. atliktų tyrimų duomenys papildė anksčiau gautus rezultatus, leidžia daryti lyginamąją analizę. Vilniaus stotyje oro mėginių ėmimui naudota palyginti nedidelio našumo orapūtė, užtikrinanti apie  $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$  oro srauto eksponavimą, mėginiai buvo imami 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus, panaudojant aerolinius FPP-15 tipo filtrus, šių filtrų efektyvumas sulaikant ore esančias dulkeles ir smulkias skendos daleles, prie kurių prikimba ir yra pernešami radionuklidai, yra labai aukštas – siekia 99% [2]. Užsakomojo darbo techninės specifikacijos priede nurodyti parametrai buvo užtikrinami laikantis dokumento [3] reikalavimų, matavimus atliekant stacionariuoju gama spektrometru su puslaidininkiniu gryno germanio detektoriumi, turinčiu šulinį. Gama spektrometras buvo kalibruotas, panaudojant Amersham paliudytąją pamatinę medžiagą [4], kalibravimas atliktas remiantis metodologija, išdėstyta [5-7], kalibravimo patikra atlikta 2002 m. vykusio TATENA profesinio testo metu [8]. Kalibravimo ir patikros rezultatai rodo, kad stacionariojo gama spektrometro pagalba (122-1461) keV energijos ruože radionuklidų absoliutinį aktyvumą galima nustatyti su ne blogesniu kaip 6% santykinu nuokrypiu nuo pamatinės vertės (1 lentelė).

1 lentelė. Profesinio testo metu Fizikos instituto gautų verčių palyginimas su TATENA laboratorijos vertėmis.

Analitė	TATENA duomenys, $\text{Bq kg}^{-1}$		Fizikos instituto duomenys, $\text{Bq kg}^{-1}$		Santykinis nuokrypis, %
	Vertė	Neapibrėžtis	Vertė	Neapibrėžtis	
$^{54}\text{Mn}$	36,5	0,92	35,1	1,7	-3,8
$^{57}\text{Co}$	33,9	0,87	32,0	2,2	-5,7
$^{60}\text{Co}$	145	3,6	143,5	6,9	-0,8
$^{65}\text{Zn}$	23,0	0,71	23,4	1,4	1,9
$^{88}\text{Y}$	34,9	0,93	33,4	2,0	-4,2
$^{134}\text{Cs}$	76	1,9	73,7	4,7	-2,6
$^{137}\text{Cs}$	160	4,6	164,7	7,6	3,0

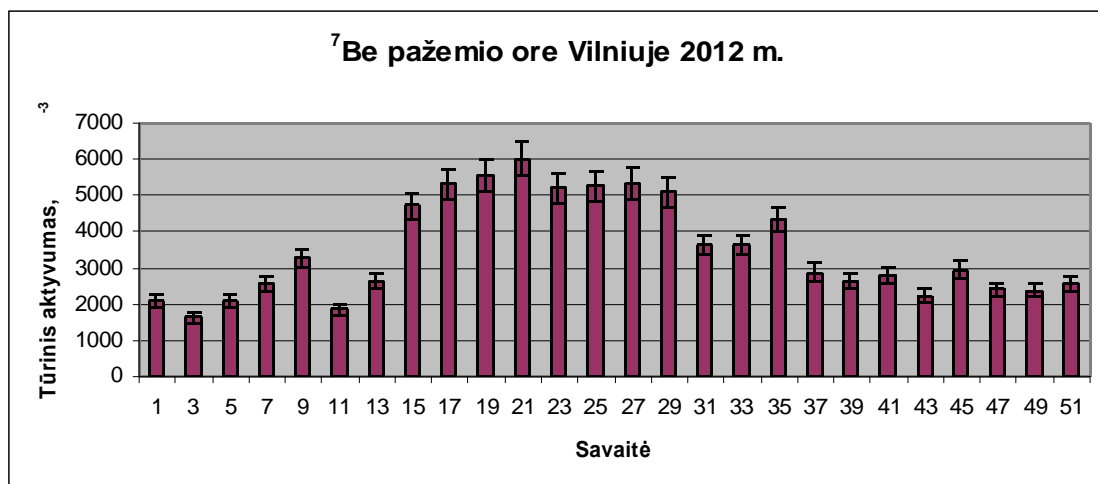
Kaip matyti iš 1 lentelės, panaudojant aukščiau minėtą įrangą, tipiški radionuklidai – gama spindulių – gali būti nustatyti su neapibrėžtimi, neviršijančia 7%, o kai kurie technogeniniai radionuklidai ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$  ir  $^{137}\text{Cs}$ ) su neapibrėžtimi, ne

didesne kaip 5%. 2006-2011 m. dalyvauta kituose TATENA organizuotuose profesiniuose testuose. Pavyzdžiui, dalyvavimo IAEA-CU-2006-03 teste metu buvo patvirtintas pakankamas matavimų tikslumas ( $^{137}\text{Cs}$ :  $\pm 3\%$ ,  $^{210}\text{Pb}$ :  $\pm 6\%$ , savitojo aktyvumo matavimai buvo atliekami grunto mėginyje). Vėliau, 2010-2011 m., matavimų sietis buvo užtikrinta su valstybiniu radionuklidų aktyvumo vieneto etalonu.

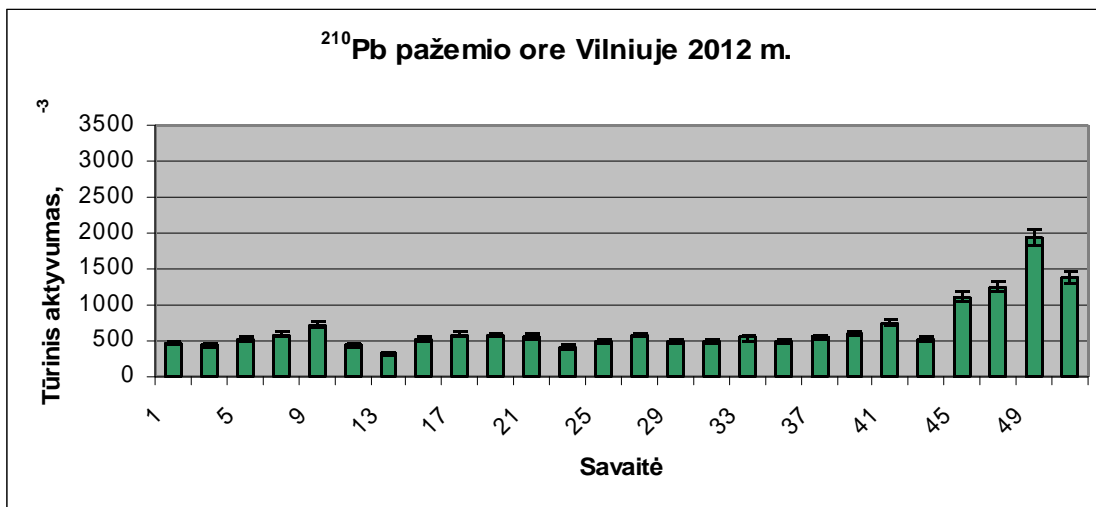
Stacionarusis gama spektrometras įrengtas laboratorijoje, kurioje palaikoma pastovi temperatūra ir santykinė oro drėgmė. Tyrimas “šulinio” geometrijoje, kai erdvinis kampas, kuriuo jutiklis “mato” mėginį, yra artimas  $4\pi$ , užtikrina maksimalią matavimo efektyvumo vertę. Darbe [9] nustatyta  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{60}\text{Co}$  aptikimo riba, esant 100000 s matavimo trukmei, yra, atitinkamai, 0,012 Bq ir 0,020 Bq detektoriumi su šuliniu.

Gama spektrometrus su Ge detektoriais taikomos kokybės laidavimo procedūros, pradėtos dar naudojant Ge(Li) detektorius [10]. Šių procedūrų pagrindas – nuolatinis parametrų stebėjimas ir dalyvavimas tarptautiniuose bei kompetentingų Lietuvos institucijų organizuojamuose palyginamuosiuose matavimuose [11, 12].

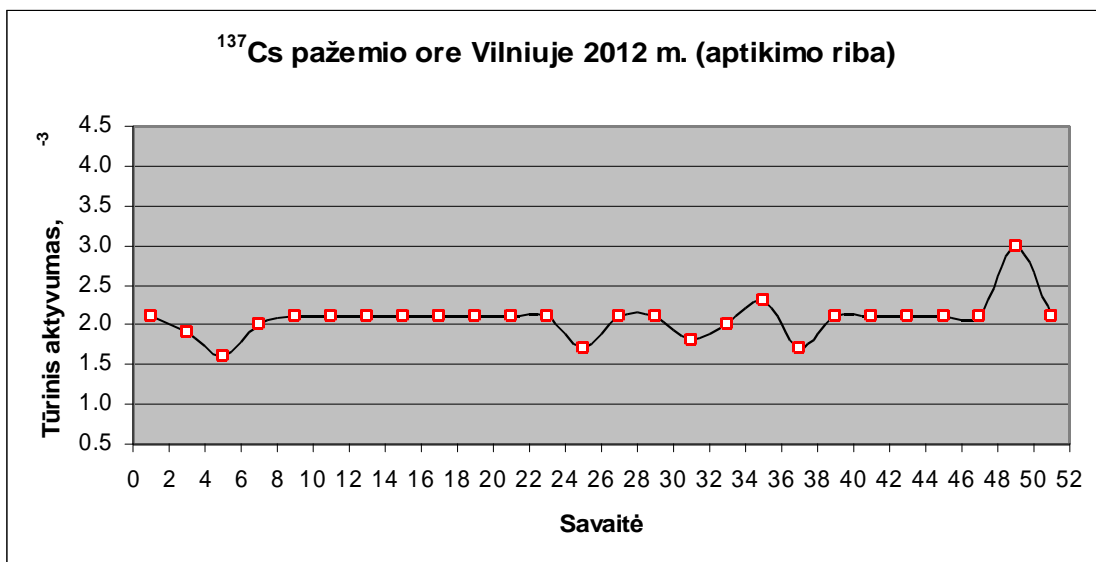
Atlikus tyrimus 2012 m. Vilniaus mieste nustatytas tik gamtinių gama spindulių – kosmogeninės kilmės  $^7\text{Be}$  ir terigeninio  $^{210}\text{Pb}$  – tūrinis aktyvumas atmosferos aerozoliuose (atitinkamai, 1 Pav. ir 2 Pav.), tuo tarpu technogeninio radionuklido  $^{137}\text{Cs}$  aktyvumas visuose filtruose buvo žemiau aptikimo ribos (3 Pav.). Kaip matome iš 3 Pav.,  $^{137}\text{Cs}$  aptikimo riba, skaičiuojant tūrinio aktyvumo vienetais, nebuvo vienoda visiems mėginiams, ji nežymiai kito, priklausomai nuo prakauto per filtrus oro tūrio. Vertinant poveikį gyventojams laikytasi konservatyvios prielaidos – kad vidutinis  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas Vilniuje 2012 m. buvo  $2,1 \mu\text{Bq m}^{-3}$ .



1 Pav.  $^7\text{Be}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2012 m.



2 Pav.  $^{210}\text{Pb}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2012 m.



3 Pav.  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2012 m.

Kaip matome iš 1 Pav. ir 2 Pav. pateiktų duomenų, stebėtos gamtinių radionuklidų koncentracijos atitinka jų globalųjį pasiskirstymą:  $^{7}\text{Be}$  atveju vidutinis metinis tūrinis aktyvumas yra  $3513 \mu\text{Bq m}^{-3}$  (standartinis nuokrypis  $1368 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ), o  $^{210}\text{Pb}$  metinis vidurkis yra  $676 \mu\text{Bq m}^{-3}$  (standartinis nuokrypis  $361 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ). Vertinant  $^{7}\text{Be}$  tūrinio aktyvumo kaitą per tyrimų atlikimo laikotarpį, matyti šiam kosmogeniniam radionuklidui būdingas koncentracijos pavasarinis maksimumas, nulemtas tropopauzės svyravimų, tuo tarpu  $^{210}\text{Pb}$  koncentracijos padidėjimas metų pabaigoje galėtų būti aiškinamas šildymo sezono pradžios efektais ir didesnėmis gamtiniais radionuklidais praturtintų degimo produktų emisijomis į atmosferą iš lokaliųjų šaltinių. Tyrimų

rezultatai rodo, kad 2012 m. radioaktyviųjų medžiagų pernaša per Lietuvos Respublikos teritoriją po branduolinių incidentų nevyko, ir jokio poveikio, susijusio su „naujais“ technogeniniais radionuklidais, nei gyventojams, nei aplinkai stebėta nebuvo.

Poveikis Vilniaus miesto gyventojams dėl radionuklidų, įkvepiamų į plaučius, buvo vertinamas pagal LUDEP modelį [13, 14]. 2 lentelėje pateiktos skaičiavimuose naudotos efektinės dozės koeficientų vertės. Kaip matyti iš 2 lentelės, patekę su įkvepiamu oru į plaučius radionuklidai lemia kur kas didesnę dozę negu tie patys radionuklidai, patekę su maistu į virškinimo traktą, be to, didžiausią įnašą, esant vienodam aktyvumui, sudaro  $^{210}\text{Pb}$  spinduliuotė. Pastarąją aplinkybę galima paaiškinti papildomu dukterinių švino-210 skilimo produktų ( $^{210}\text{Bi}$  ir  $^{210}\text{Po}$ ) poveikiu.

Skaičiuojant laikyta, kad vidutinio gyventojų kvėpavimo sparta yra  $1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ .

2 lentelė. Stebėtų radionuklidų efektinės dozės koeficientai.

Radionuklidas	Efektinės dozės koeficientas, Sv Bq <sup>-1</sup>	
	Patekus į plaučius	Patekus su maistu
$^7\text{Be}$	$5,5 \cdot 10^{-11}$	$2,8 \cdot 10^{-11}$
$^{137}\text{Cs}$	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$
$^{210}\text{Pb}$	$5,6 \cdot 10^{-6}$	$6,9 \cdot 10^{-7}$

Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad vidutinis gyventojas Vilniaus mieste 2012 m. patyrė šias metines apšvitos dozes dėl įkvepiamų su oru į plaučius radionuklidų:  $0,0017 \mu\text{Sv}$  dėl  $^7\text{Be}$ ,  $0,0007 \mu\text{Sv}$  dėl  $^{137}\text{Cs}$  ir  $33,3 \mu\text{Sv}$  dėl  $^{210}\text{Pb}$ . Kaip matyti, dozės, nulemtos  $^7\text{Be}$  ir  $^{137}\text{Cs}$ , yra žymiai mažesnės už apšvitą, kurią nulemia radioaktyviojo švino izotopo  $^{210}\text{Pb}$  spinduliuotė – vertinimai rodo, kad pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 3,3% gyventojams leistinos metinės dozės ( $1 \text{ mSv}$ ), kurios didžioji dalis paprastai būna nulemta gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės. Palyginimui galima prisiminti, kad 2006-2008 m. laikotarpiu metinė efektinė dozė dėl  $^{210}\text{Pb}$  patekimo į vidutinio Vilniaus gyventojų plaučius buvo mažesnė – siekė  $18 \mu\text{Sv}$ , arba apie 2% gyventojams leistinos metinės dozės [15].

## II. Pirminiai stebėjimų duomenys Vilniaus stotyje

Pirminiai stebėjimų duomenys, gauti Vilniaus stotyje, apima laikotarpį nuo 2011 m. gruodžio 21 d. iki 2013 m. sausio 3 d., jie pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Gama spindulių tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje.

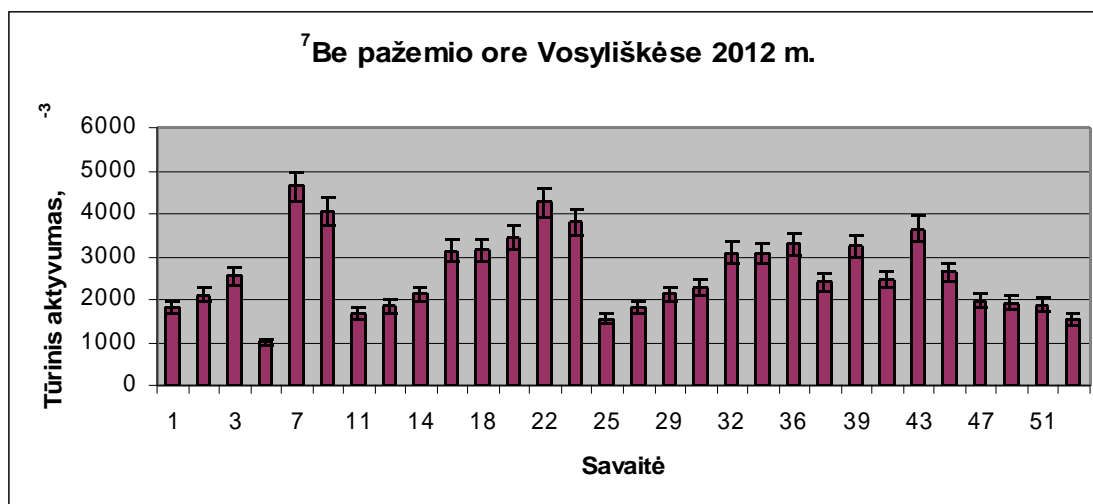
Eil. Nr.	Mėginio Nr.	Ekspozicijos laikotarpis	Radionuklidų tūrinis aktyvumas, $\mu\text{Bq m}^{-3}$ ( $1\sigma$ )		
			$^7\text{Be}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{137}\text{Cs}$
1	F12-197	20111221- 20120104	$2110 \pm 170$	$469 \pm 29$	$< 2,1$
2	F12-198	0104-0120	$1640 \pm 130$	$451 \pm 28$	$< 1,9$
3	F12-199	0120-0208	$2100 \pm 170$	$524 \pm 32$	$< 1,6$
4	F12-200	0208-0223	$2580 \pm 210$	$596 \pm 36$	$< 2,0$
5	F12-201	0223-0308	$3290 \pm 260$	$734 \pm 45$	$< 2,1$
6	F12-202	0308-0322	$1860 \pm 150$	$458 \pm 28$	$< 2,1$
7	F12-203	0322-0405	$2650 \pm 210$	$321 \pm 20$	$< 2,1$
8	F12-204	0405-0419	$4710 \pm 380$	$537 \pm 33$	$< 2,1$
9	F12-205	0419-0503	$5330 \pm 430$	$590 \pm 36$	$< 2,1$
10	F12-206	0503-0517	$5570 \pm 450$	$577 \pm 35$	$< 2,1$
11	F12-207	0517-0531	$6030 \pm 480$	$565 \pm 34$	$< 2,1$
12	F12-208	0531-0614	$5230 \pm 420$	$424 \pm 26$	$< 2,1$
13	F12-209	0614-0702	$5300 \pm 420$	$506 \pm 31$	$< 1,7$
14	F12-210	0702-0716	$5340 \pm 430$	$588 \pm 36$	$< 2,1$
15	F12-211	0716-0730	$5100 \pm 410$	$511 \pm 31$	$< 2,1$
16	F12-212	0730-0816	$3630 \pm 290$	$494 \pm 30$	$< 1,8$
17	F12-213	0816-0831	$3640 \pm 290$	$544 \pm 33$	$< 2,0$
18	F12-214	0831-0913	$4350 \pm 350$	$508 \pm 31$	$< 2,3$
19	F12-215	0913-1001	$2890 \pm 230$	$559 \pm 34$	$< 1,7$
20	F12-216	1001-1015	$2640 \pm 210$	$610 \pm 37$	$< 2,1$
21	F12-217	1015-1029	$2830 \pm 230$	$760 \pm 46$	$< 2,1$
22	F12-218	1029-1112	$2230 \pm 180$	$530 \pm 32$	$< 2,1$
23	F12-219	1112-1126	$2940 \pm 240$	$1120 \pm 70$	$< 2,1$
24	F12-220	1126-1210	$2410 \pm 190$	$1260 \pm 80$	$< 2,1$
25	F12-221	1210-1220	$2390 \pm 190$	$1940 \pm 120$	$< 3,0$
26	F12-222	1220-20130103	$2570 \pm 210$	$1400 \pm 90$	$< 2,1$



### III. Radiologinės aplinkos įvertinimas Ignalinos AE aplinkoje

Vosyliškių stotyje buvo naudota didelio našumo orapūtė, užtikrinanti apie 1900 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> oro srautą, mėginiai imti 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus aerolinių FPP-15 tipo filtrų pagalba. Užsakomojo darbo techninės specifikacijos priede nurodyti parametrai buvo užtikrinami laikantis dokumento [3] reikalavimų, panaudojant stacionarų gama spektrometrą su 30% santykinio efektyvumo puslaidininkiniu gryo germanio detektoriumi. Gama spektrometras kalibruotas, panaudojant Amersham paliudytąją pamatinę medžiagą [4], kalibravimas atliktas remiantis metodologija, išdėstyta [5-7], kalibravimo patikra atlikta 2002 m. vykusio TATENA profesinio testo metu [8]. Darbe [9] nustatyta <sup>137</sup>Cs ir <sup>60</sup>Co aptikimo riba, esant 100000 s matavimo trukmei, yra, atitinkamai, 0,13 Bq ir 0,15 Bq, tiriant šiuo detektoriumi. Vėliau, 2010-2011 m., matavimų sietis buvo užtikrinta su valstybiniu radionuklidų aktyvumo vieneto etalonu.

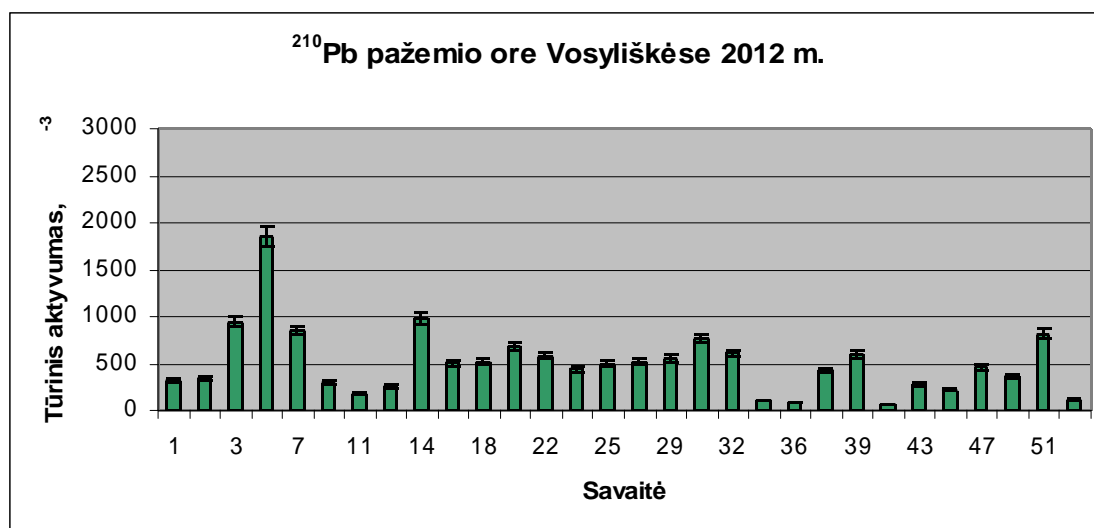
Atlikus tyrimus 2012 m. Vosyliškėse nustatytas gamtinių gama spindulių – kosmogeninio <sup>7</sup>Be ir terigeninio <sup>210</sup>Pb (atitinkamai, 4 Pav. ir 5 Pav.), o taip pat globaliai pasiskirsčiusio technogeninio dalijimosi produkto <sup>137</sup>Cs tūrinis aktyvumas atmosferos aeroliuose (6 Pav.).



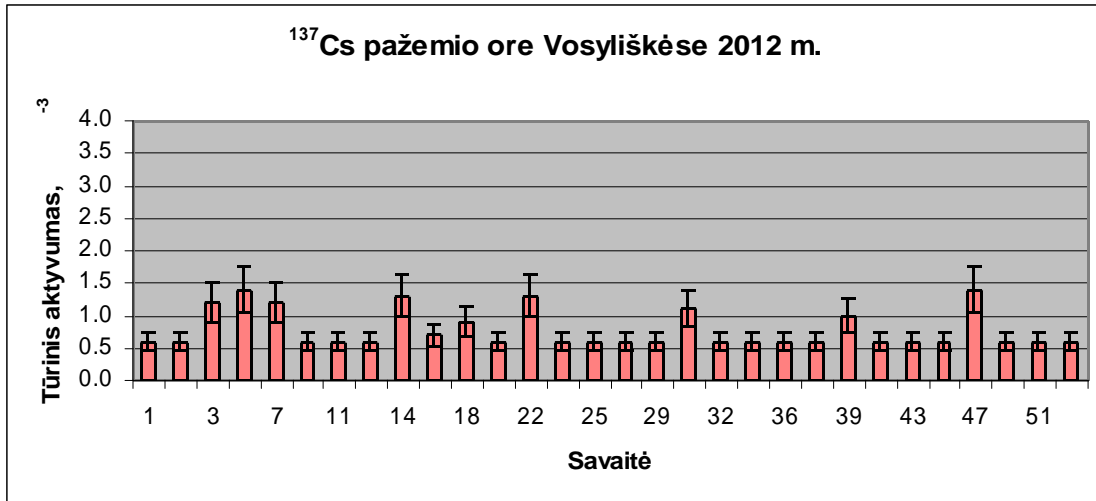
4 Pav. <sup>7</sup>Be tūrinis aktyvumas pažemio ore Vosyliškėse 2012 m.

4-6 Pav. pateikti duomenys patvirtina, kad stebėtų gamtinių radionuklidų (<sup>7</sup>Be ir <sup>210</sup>Pb) bei technogeninio <sup>137</sup>Cs koncentracijos atitinka jų globalųjį pasiskirstymą: <sup>7</sup>Be atveju vidutinis metinis tūrinis aktyvumas yra 2617 μBq m<sup>-3</sup> (standartinis nuokrypis 905 μBq m<sup>-3</sup>), <sup>210</sup>Pb metinis vidurkis yra 507 μBq m<sup>-3</sup> (standartinis nuokrypis 357 μBq m<sup>-3</sup>), o <sup>137</sup>Cs metinis vidurkis yra 0,8 μBq m<sup>-3</sup> (standartinis nuokrypis 0,3 μBq m<sup>-3</sup>).

Kaip ir Vilniaus stotyje,  $^{7}\text{Be}$  tūrinio aktyvumo Ignalinos AE aplinkoje kaitai per tyrimų atlikimo laikotarpį būdingas koncentracijos maksimumas pavasarį (balandis-gegužė), nors čia mes matome ir trumpalaikį tūrinio aktyvumo šoktelėjimą vasario pabaigoje – kovo pradžioje.  $^{210}\text{Pb}$  tūrinis aktyvumas per visus metus nesiekia  $1000 \mu\text{Bq m}^{-3}$ , išskyrus vieną atvejį vasario mėn., kai ši vertė šokteli iki  $1850 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Tai – greičiausiai lokalsios meteorologinės situacijos, nulėmusios kiek intensyvesnę dūmų pernašą nuo vietinių gyventojų sodybų link Vosyliškių stoties, pasekmė.  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas artimas aptikimo ribai, kuri Vosyliškių stotyje šiam nuklidui yra  $0,6 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Tokios mažos šio dalijimosi produkto vertės, o kartu ir nebuvimas mėginiuose kitų technogeninių radionuklidų ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ) įrodo mažiausiai du dalykus: 1) Ignalinos AE eksploatacijos nutraukimo metu radioaktyviosios aerozolinės priemaišos į aplinką nepatenka; 2) galimi radionuklidų srautai po branduolinių incidentų pasaulyje į šiaurės rytų Lietuvą nepernešami. Ta proga pravartu prisiminti, kad po 2011 m. kovo mėn. įvykusios avarijos Fukušimos AE, Europa bei kiti žemynai patyrė poveikį, kuris buvo juntamas apie porą mėnesių [16-18]. Štai Vilniuje  $^{134}\text{Cs}$  ir  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas 2011 m. balandžio pradžioje siekė apie  $900 \mu\text{Bq m}^{-3}$ , o Vosyliškių stotyje kiekvieno šių nuklidų maksimali aktyvumo koncentracija buvo apie  $400 \mu\text{Bq m}^{-3}$  [19].



5 Pav.  $^{210}\text{Pb}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vosiškėse 2012 m.



6 Pav.  $^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas pažemio ore Vosyliškėse 2012 m.

Atlikus jonizuojančiosios spinduliuotės dozės skaičiavimus nustatyta, kad vidutinis gyventojas Ignalinos AE aplinkoje 2012 m. patyrė tokias metines vidinės apšvitos dozes dėl įkvėptų radionuklidų: 0,0013  $\mu\text{Sv}$  dėl  $^7\text{Be}$ , 0,0003  $\mu\text{Sv}$  dėl  $^{137}\text{Cs}$  ir 25  $\mu\text{Sv}$  dėl  $^{210}\text{Pb}$ . Kaip ir radiologinės padėties Vilniuje vertinimo atveju, dozės Ignalinos AE aplinkoje, kurios yra nulemtos  $^7\text{Be}$  ir  $^{137}\text{Cs}$  jonizuojančiosios spinduliuotės, yra daug mažesnės už apšvitą, sukiamą radioaktyviojo švino izotopo  $^{210}\text{Pb}$  spinduliuotės – vertinimai rodo, kad pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 2,5% gyventojams leistinos metinės dozės (1 mSv).

#### IV. Pirminiai stebėjimų duomenys Vosyliškių stotyje

Pirminiai stebėjimų duomenys, gauti Vosyliškių stotyje, apima laikotarpį nuo 2011 m. gruodžio 29 d. iki 2013 m. sausio 9 d., jie pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė. Gama spindulių tūrinis aktyvumas pažemio ore Vosyliškėse.

Eil. Nr.	Mėginio Nr.	Ekspozicijos laikotarpis	Radionuklidų tūrinis aktyvumas, $\mu\text{Bq m}^{-3}$ ( $1\sigma$ )		
			$^7\text{Be}$	$^{210}\text{Pb}$	$^{137}\text{Cs}$
1	93195	20111229-20120107	$1820 \pm 150$	$320 \pm 20$	< 0,6
2	93196	0107-0114	$2120 \pm 170$	$339 \pm 21$	< 0,6
3	93197	0114-0126	$2550 \pm 210$	$945 \pm 57$	$1,2 \pm 0,4$
4	93198	0126-0208	$1000 \pm 80$	$1850 \pm 120$	$1,4 \pm 0,4$
5	93199	0208-0223	$4630 \pm 370$	$850 \pm 51$	$1,2 \pm 0,4$
6	93200	0223-0313	$4060 \pm 330$	$302 \pm 19$	< 0,6
7	93201	0313-0323	$1680 \pm 140$	$175 \pm 11$	< 0,6

8	93202	0323-0403	1840 ± 150	253 ± 16	< 0,6
9	93203	0403-0419	2120 ± 170	975 ± 59	1,3 ± 0,4
10	93204	0419-0429	3120 ± 250	503 ± 31	0,7 ± 0,2
11	93205	0429-0509	3140 ± 260	518 ± 32	0,9 ± 0,3
12	93206	0509-0522	3450 ± 280	689 ± 42	< 0,6
13	93207	0522-0604	4260 ± 350	581 ± 35	1,3 ± 0,4
14	93208	0604-0612	3800 ± 310	440 ± 27	< 0,6
15	93209	0612-0626	1550 ± 130	497 ± 30	< 0,6
16	93210	0626-0706	1820 ± 150	519 ± 32	< 0,6
17	93211	0706-0718	2130 ± 180	553 ± 34	< 0,6
18	93212	0718-0731	2290 ± 190	768 ± 47	1,1 ± 0,3
19	93213	0731-0812	3090 ± 250	612 ± 37	< 0,6
20	93214	0812-0824	3060 ± 250	104 ± 7	< 0,6
21	93215	0824-0906	3290 ± 270	79,4 ± 4,8	< 0,6
22	93216	0906-0913	2400 ± 200	419 ± 26	< 0,6
23	93217	0913-1003	3240 ± 260	593 ± 36	1,0 ± 0,3
24	93218	1003-11020	2460 ± 200	68,0 ± 4,1	< 0,6
25	93219	1020-1030	3640 ± 300	280 ± 17	< 0,6
26	93220	1030-1119	2630 ± 220	221 ± 14	< 0,6
27	93221	1119-1130	1980 ± 160	462 ± 28	1,4 ± 0,4
28	93222	1130-1214	1930 ± 160	364 ± 22	0,6 ± 0,2
29	93223	1214-1229	1880 ± 160	813 ± 49	< 0,6
30	93224	1229-20130109	1540 ± 130	114 ± 7	< 0,6

## IŠVADOS

1. Nuo 2011 m. gruodžio 21 d. iki 2013 m. sausio 3 d. Vilniuje ir nuo 2011 m. gruodžio 29 d. iki 2013 m. sausio 9 d. Vosyliškių stotyje prie Ignalinos AE buvo atliekamas nenutrūkstamas oro mėginių rinkimas. Surinkti mėginiai išanalizuoti kalibruotais gama spektrometrais su gryno germanio (HPGe) detektoriais.
2. Per ataskaitinį laikotarpį pažemio atmosferos ore Ignalinos AE aplinkoje buvo stebėti gamtiniai radionuklidai  ${}^7\text{Be}$  ir  ${}^{210}\text{Pb}$  bei technogeninės kilmės  ${}^{137}\text{Cs}$ . Vidutinės šių radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo, atitinkamai:  $2617 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ,  $507 \mu\text{Bq m}^{-3}$  ir  $0,8 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Tuo tarpu Vilniuje buvo stebėti tik gamtiniai radionuklidai  ${}^7\text{Be}$  ir  ${}^{210}\text{Pb}$  (vidutinės tūrinio aktyvumo vertės, atitinkamai,  $3513 \mu\text{Bq m}^{-3}$  ir  $676 \mu\text{Bq m}^{-3}$ ), o  ${}^{137}\text{Cs}$  tūrinis aktyvumas buvo žemiau aptikimo ribos  $2,1 \mu\text{Bq m}^{-3}$ . Stebėtos radionuklidų koncentracijos atitinka jų globalųjį pasiskirstymą.
3. Vidutinis gyventojas Vilniaus mieste 2012 m. patyrė šias metines apšvitos dozes dėl įkvepiamų su oru į plaučius radionuklidų:  $0,0017 \mu\text{Sv}$  dėl  ${}^7\text{Be}$ ,  $0,0007 \mu\text{Sv}$  dėl  ${}^{137}\text{Cs}$  ir  $33,3 \mu\text{Sv}$  dėl  ${}^{210}\text{Pb}$ . Pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 3,3% gyventojams leistinos metinės dozės, kuri yra lygi 1 mSv.
4. Ignalinos AE eksploatacijos nutraukimo metu 2012 m. radioaktyviosios aerozolinės priemaišos į aplinką nepateko, o galimi radionuklidų srautai po branduolinių incidentų pasaulyje į Lietuvą nebuvo pernešami.

## LITERATŪRA

1. Fizikos institutas (2006) Radiologinis oro monitoringas Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2005 m. rugpjūčio 11 d. sutartį Nr. 4F05-86 (300S345).
2. Arnold D., Jagielak J., Kolb W., Pietruszewski A., Wershofen H., Zarucki R. (1994) Practical experience in and improvements to aerosol sampling for trace analysis of airborne radionuclides in ground level air. PTB-Ra-34, ISBN 3-89429-436-1.
3. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. (2000) Aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimas – mėginių gama spektrinė analizė spektrometru, turinčiu puslaidininkinį detektorių. LR aplinkos apsaugos normatyvinis dokumentas LAND 36-2000.
4. DEUTSCHER KALIBRIERDIENST (DKD), 17 February 1997. Page 2 of calibration certificate for Reference Solution No. FE101.
5. Debertin K., Helmer R. G. (1988)  $\gamma$ - and X-ray spectrometry with semiconductor detectors. North Holland, Amsterdam.
6. Debertin K., Schötzig U. (1979) Coincidence summing corrections in Ge(Li)-spectrometry at low source-to-detector distances. Nuclear Instruments and Methods, 158, 471-477.
7. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (1995). IEC 1452, International Standard, Nuclear Instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers.
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, ANALYTICAL QUALITY CONTROL SERVICES, Seibersdorf, 31 May 2002. Summary Report of the Proficiency Test for the Determination of Anthropogenic  $\gamma$ -emitting Radionuclides in a Mineral Matrix.
9. Gudelis A., Remeikis V., Plukis A., Lukauskas D. (2000) Efficiency calibration of HPGe detectors for measuring environmental samples. Environmental and Chemical Physics, 22, 3-4, 117-125.
10. SWEDISH RADIATION PROTECTION INSTITUTE, Stockholm, 28 July 1992. Results of intercalibration exercise of cesium isotopes in soil.
11. Glavič-Cindro D., Vodenik B., Korun M., Martinčič R. (2000) Quality control of gamma-ray spectrometry measurements. Applied Radiation and Isotopes, 52, 765-770.
12. Nikkinen M. (2001) The use of Synthetic Spectra to Test the Preparedness to Evaluate and Analyze Complex Gamma Spectra. NKS-43.
13. Birchall A., Bailey M. R., James A. C. (1991) LUDEP: a lung dose evaluation program. Radiat. Prot. Dosim., 38, 1, 167-174.
14. Jarvis N. S., Birchall A., James A. C., Bailey M. R., Dorrian M.-D. (1997) LUDEP 2.0: Personal Computer Program for Calculating Internal Doses Using the ICRP Publication 66 Respiratory Tract Model. NRPB-SR287.
15. Fizikos institutas (2009) Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2008 m. liepos 10 d. sutartį Nr. 4F08-89 (300S634).
16. Masson, O., Baeza, A., Bieringer, J., Brudecki, K., Bucci, S., Cappai, M., Carvalho, F. P., Connan, O., Cosma, C., Dalheimer, A., Didier, D., Depuydt, G., De Geer, L. E., De Vismes, A., Gini, L., Groppi, F., Gudnason, K., Gurriaran, R., Hainz, D., Halldorsson, O., Hammond, D., Hanley, O., Holey, K., Homoki, Zs.,

- Ioannidou, A., Isajenko, K., Jankovic, M., Katzlberger, C., Kettunen, M., Kierepko, R., Kontro, R., Kwakman, P. J. M., Lecomte, M., Leon Vintro, L., Leppanen, A.-P., Lind, B., Lujanienė, G., Mc Ginnity, P., Mc Mahon, C., Mala, H., Manenti, S., Manolopoulou, M., Mattila, A., Mairing, A., Mietelski, J. W., Møller, B., Nielsen, S. P., Nikolic, J., Overwater, R. M. W., Palsson, S. E., Papastefanou, C., Penev, I., Pham, M. K., Povinec, P. P., Ramebäck, H., Reis, M. C., Ringer, W., Rodriguez, A., Rulik, P., Saey, P. R. J., Samsonov, V., Schlosser, C., Sgorbati, G., Silobritiene, B. V., Söderström, C., Sogni, R., Solier, L., Sonck, M., Steinhauser, G., Steinkopff, T., Steinmann, P., Stoulos, S., Sykora, I., Todorovic, D., Tooloutalaie, N., Tositti, L., Tschiersch, J., Ugron, A., Vagena, E., Vargas, A., Wershofen, H., Zhukova, O. (2011) Tracking of airborne radionuclides from the damaged Fukushima Dai-Ichi nuclear reactors by European Networks. *Environ. Sci. Technol.* 45 (18), 7670-7677.
17. Gudelis A., Druteikienė R., Lujanienė G., Maceika E., Plukis A., Remeikis V. (2012) Radionuclides in the ground-level atmosphere in Vilnius, Lithuania, in March 2011, detected by gamma-ray spectrometry. *Journal of Environmental Radioactivity*, 109, 13-18.
  18. Lujanienė, G., Byčenkienė, S., Povinec, P. P., Gera, M. (2012) Radionuclides from the Fukushima accident in the air over Lithuania: measurement and modelling approaches. *Journal of Environmental Radioactivity*, 114, 71–80.
  19. Gudelis A., Gorina I., Nedveckaitė T., Kovař P., Dryak P., Šuran J. (2013) Activity measurement of gamma-ray emitters in aerosol filters exposed in Lithuania in March-April 2011. *Applied Radiation and Isotopes*, DOI: 10.1016/j.apradiso.2013.03.019.