

FIZIKOS INSTITUTAS

TVIRTINU:

Instituto direktorius

.....Prof. Vidmantas Remeikis

2009 m. sausio 30 d.

RADIOLOGINIAI ORO TYRIMAI VILNIAUS MIESTE

2008 m. liepos 10 d. sutartis Nr. 4F08-89 (300S634)

MOKSLO TYRIMŲ DARBŲ ATASKAITA

Branduolinių ir aplinkos
radioaktyvumo tyrimų laboratorija

Temos vadovas:
grupės vedėjas dr. A. Gudelis

VILNIUS

2009

ATLIKTŲ DARBŲ ANOTACIJA

Darbo pavadinimas: Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste.

Darbas "Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste" yra anksčiau vykdytos temos "Radiologinis monitoringas Vilniaus mieste" tęsinys. Jis yra atliekamas pagal Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos dalį "Radiologinis monitoringas". Darbo rezultatai apima laikotarpį nuo 2008 m. sausio 28 d. iki 2008 m. gruodžio 30 d.

2008 metais atlikti tokie darbai:

1. Atlikti orapūtės techninės profilaktikos darbai.
2. Nuo 2008 m. sausio 28 d. iki 2008 m. gruodžio 30 d. buvo vykdomas nenutrūkstamas oro mėginių rinkimas, filtruojant orą per aerolinius FPP tipo filtrus. Per šį laikotarpį eksponuoti 24 filtrai.
3. Eksponuotų filtrų radiometrinė analizė buvo atliekama panaudojant kalibruotą gama spektrometrą su puslaidininkiniu gryno germanio detektoriumi su šuliniu.
4. Dalyvauta TATENA organizuotame profesiniame teste IAEA-CU-2007-03, o taip pat NPL profesiniame teste.
5. Gama spektrometru išmatuoti 24 mėginiai, nustatytas atmosferos aerolinėje komponentėje esančių radionuklidų aktyvumas, apskaičiuotas jų tūrinis aktyvumas pažemio ore.
6. Per ataskaitinį laikotarpį pažemio atmosferos ore buvo stebėti gamtiniai radionuklidai ^7Be ir ^{210}Pb bei technogeninės kilmės ^{137}Cs . Jokių anomalijų nei kokybine ("nauji" radionuklidai), nei kiekybine prasme (reikšmingas ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb aktyvumo koncentracijos padidėjimas) stebėta nebuvo.

I. Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste

Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos (toliau, Programos) darbai, suplanuoti pagal jos dalį “Radiologinis monitoringas”, Vilniaus mieste buvo pradėti 2005 m. balandžio 30 dieną [1].

Tęsiant Programoje numatytų darbų vykdymą, radionuklidų koncentracijų Vilniaus miesto ore matavimai buvo nuolat atliekami nuo 2008 m. sausio 28 d. 9 val. iki 2008 m. gruodžio 30 d. 9 val. Oro mėginiai buvo gaunami orapūtės pagalba eksponuojant FPP-15 (Petrianovo) 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]. Oras buvo imamas 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus, ekspozicijos trukmė – 2 savaitės.

Fizikos instituto mokslo darbuotojai, remdamiesi sukaupta tokio darbo patirtimi ir naudodami šiuolaikinę įrangą, kuri gauta dėka techninio bendradarbiavimo su TATENA organizacija (projektai LIT/9/003, LIT/9/004, LIT/9/005), gali atlikti išsamią radionuklidų kokybinės sudėties analizę ir kiekybinius matavimus. Sutartyje numatytas gama spinduliuotės visame energijų diapazone prasiurbto per aerolinius filtrus oro bandiniuose registravimas buvo atliekamas laikantis dokumento [3] reikalavimų, panaudojant stacionarųjį gama spektrometrą su puslaidininkiniu gryo germanio detektoriumi, turinčiu šulinį. Stacionarusis gama spektrometras įrengtas laboratorijoje, kurioje palaikoma pastovi temperatūra ir santykinė oro drėgmė. Tyrimas taip vadinamoje “šulinio” geometrijoje, kai erdvinis kampas, kuriuo jutiklis “mato” mėginį, yra artimas 4π , užtikrina maksimalią matavimo efektyvumo vertę. Darbe [4] nustatyta ^{137}Cs ir ^{60}Co radimo riba, esant 100000 s matavimo trukmei, yra, atitinkamai, 0,012 Bq ir 0,020 Bq detektoriumi su šuliniu. Atliekant gama spektrometrinę analizę mėginiai buvo matuojami standartinėje geometrijoje, kuriai tiksliai žinomi kalibravimo parametrai, nustatyti panaudojus Amersham firmos standartinį radionuklidų tirpalą [5], kalibravimas atliktas remiantis metodologija, išdėstyta [6, 7, 12], kalibravimo patikra atlikta 2002 m. TATENA profesinio testo metu [8] (1 lentelė), gautas sertifikatas. Iš kalibravimo ir patikros rezultatų matyti, kad stacionarusis gama spektrometras (122-1461) keV energijos ruože leidžia nustatyti visų radionuklidų absoliutinį aktyvumą su ne didesne kaip 6% paklaida [4, 8]. Vėliau šie rezultatai buvo patvirtinti dalyvaujant Riso Nacionalinės laboratorijos, Danija, organizuotuose tarplaboratoriniuose palyginamuosiuose

matavimuose, o taip pat įvairiuose TATENA organizuotuose profesiniuose testuose 2006-2008 metų laikotarpiu.

Gama spektrometriui su Ge detektoriumi taikomos kokybės laidavimo procedūros, pradėtos dar naudojant Ge(Li) detektorius [9], kurių pagrindas – nuolatinis parametrų stebėjimas ir dalyvavimas tarptautiniuose bei kompetentingų Lietuvos institucijų organizuotuose palyginamuosiuose matavimuose [10, 11].

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

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

Kaip matyti iš 1 lentelės, panaudojant aukščiau minėtą įrangą, tipiški radionuklidai – gama spinduliai – gali būti nustatyti su paklaida, neviršijančia 6%, o technogeniniai radionuklidai ¹³⁷Cs ir ⁶⁰Co su paklaida, ne didesne kaip 3%. 2006 m. dalyvauta kitame TATENA organizuotame profesiniame teste IAEA-CU-2006-03, kurio metu buvo patvirtintas pakankamas matavimų tikslumas (¹³⁷Cs: ±3%, ²¹⁰Pb: ±6%, savitojo aktyvumo matavimai buvo atliekami grunto mėginyje).

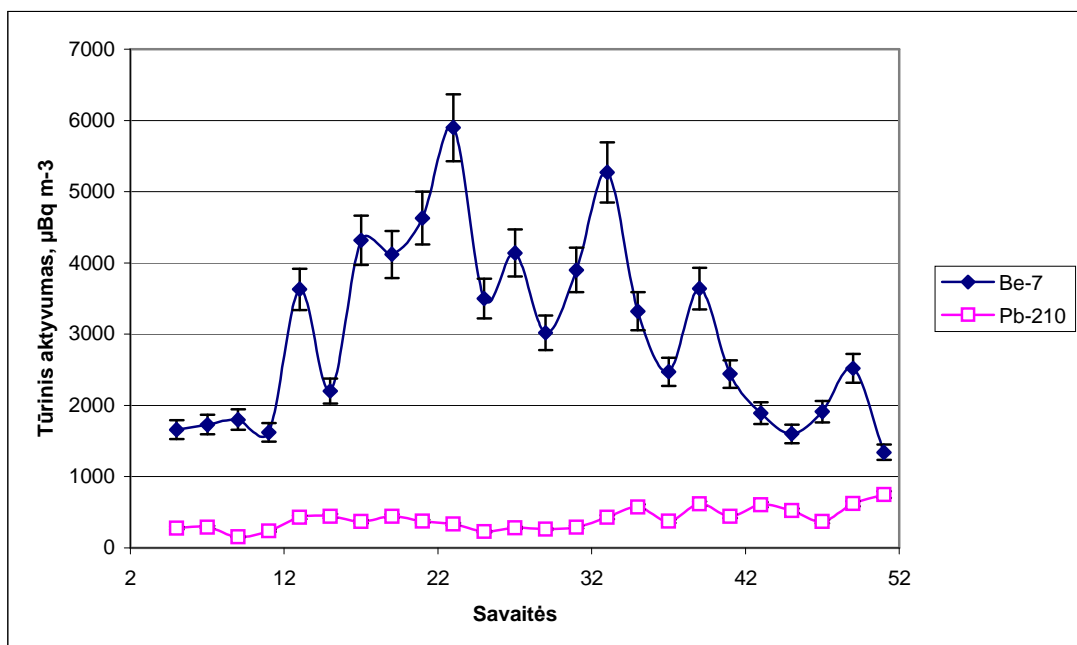
Išmatuotos radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės (1,2 Pav., 3 lentelė) buvo panaudotos skaičiuojant gyventojų vidinės apšvitos dozes. 2 lentelėje pateiktos skaičiavimuose naudotos efektinės dozės koeficientų vertės. Kaip matyti iš 2 lentelės, patekę su įkvepiamu oru į plaučius radionuklidai lemia kur kas didesnę dozę negu tie patys radionuklidai, patekę su maistu į virškinimo traktą, be to, didžiausią įnašą, esant vienodam aktyvumui, sudaro ²¹⁰Pb spinduliuotė. Pastarąją aplinkybę nesunku paaiškinti dukterinių švino-210 skilimo produktų (²¹⁰Bi ir ²¹⁰Po) poveikiu.

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

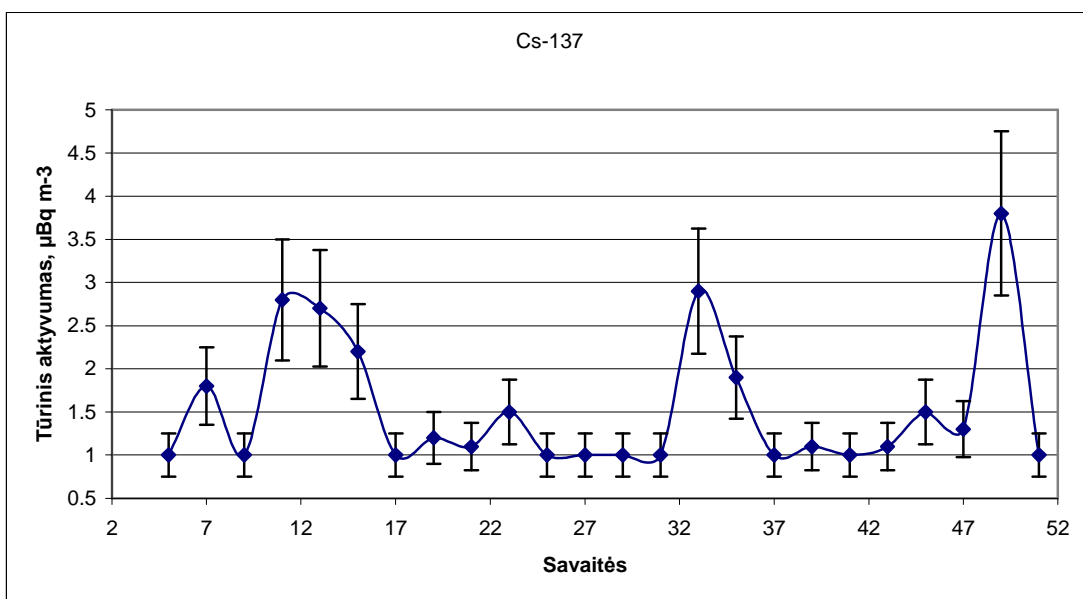
2 lentelė. Išmatuotų radionuklidų efektinės dozės koeficientai [11].

Radionuklidas	Efektinės dozės koeficientas, Sv Bq ⁻¹	
	Patekus į plaučius	Prarijus su maistu
⁷ Be	5,5 10 ⁻¹¹	2,8 10 ⁻¹¹
¹³⁷ Cs	3,9 10 ⁻⁸	1,3 10 ⁻⁸
²¹⁰ Pb	5,6 10 ⁻⁶	6,9 10 ⁻⁷

Kaip ir 2006-2007 metų tyrimų laikotarpiu, Vilniaus miesto gyventojų apšvitą, gama spinduliams patekus į organizmą su įkvepiamu oru per plaučius, lėmė ¹³⁷Cs, ⁷Be ir ²¹⁰Pb [13]. Skaičiavimams panaudojus LUDEP modelį [14, 15] nustatyta, kad vidutinis gyventojas Vilniaus mieste 2008 m. patyrė tokias metines vidinės apšvitos dozes: 1,3 nSv dėl įkvepiamo ⁷Be, 18 μSv dėl įkvepiamo ²¹⁰Pb ir 0,5 nSv dėl įkvepiamo ¹³⁷Cs. Kaip matyti, dozės, nulemtos ⁷Be ir ¹³⁷Cs, yra daug mažesnės už apšvitą, kurią nulemia radioaktyviojo švino izotopo ²¹⁰Pb spinduliuotė – vertinimai rodo, kad pastarojo radionuklido indėlis gali sudaryti apie 2% gyventojams leistinos metinės dozės (1 mSv), kurios didžioji dalis paprastai būna nulemta gamtinės jonizuojančiosios spinduliuotės.



1 Pav. ⁷Be ir ²¹⁰Pb tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2008 m.



2 Pav. ^{137}Cs tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje 2008 m.

II. Pirminiai stebėjimų duomenys

Pirminiai stebėjimų duomenys, apimantys laikotarpį nuo 2008 m. sausio 28 d. iki 2008 m. gruodžio 30 d., pateikti 3 lentelėje.

3 lentelė. Gama spindulių tūrinis aktyvumas pažemio ore Vilniuje.

Eil. Nr.	Mėginio Nr.	Ekspozicijos laikotarpis	Radionuklidų tūrinis aktyvumas, $\mu\text{Bq m}^{-3}$ (1σ)		
			^7Be	^{210}Pb	^{137}Cs
1	F8-97	20080128-0211	1660±130	275±17	<1,0
2	F8-98	0211-0223	1730±140	288±17	1,8±0,5
3	F8-99	0223-0306	1800±140	153±10	<1,0
4	F8-100	0306-0320	1620±130	238±14	2,8±0,7
5	F8-101	0320-0403	3630±290	427±26	2,7±0,7
6	F8-102	0403-0417	2200±180	444±27	2,2±0,6
7	F8-103	0417-0428	4320±350	369±22	<1,0
8	F8-104	0428-0512	4120±330	442±27	1,2±0,5
9	F8-105	0512-0526	4630±370	373±22	1,1±0,5
10	F8-106	0526-0609	5900±470	331±20	1,5±0,5
11	F8-107	0609-0626	3500±280	228±14	<1,0
12	F8-108	0626-0710	4140±330	278±17	<1,0
13	F8-109	0710-0724	3020±240	262±16	<1,0
14	F8-110	0724-0808	3900±310	290±17	<1,0
15	F8-111	0808-0822	5270±420	429±26	2,9±0,7
16	F8-112	0822-0909	3320±270	574±34	1,9±0,6
17	F8-113	0909-0922	2470±200	373±22	<1,0
18	F8-114	0922-1006	3640±290	617±37	1,1±0,5
19	F8-115	1006-1022	2440±200	441±26	<1,0
20	F8-116	1022-1106	1890±150	603±36	1,1±0,5
21	F8-117	1106-1120	1600±130	519±31	1,5±0,5
22	F8-118	1120-1204	1910±150	368±22	1,3±0,5
23	F8-119	1204-1217	2520±200	620±37	3,8±0,8
24	F8-120	1217-1230	1340±110	747±45	<1,0

III. IŠVADOS

1. Nuo 2008 m. sausio 28 d. iki 2008 m. gruodžio 30 d. buvo atliekamas nenutrūkstamas oro mėginių rinkimas. Surinkti mėginiai buvo išanalizuoti kalibruotu gama spektrometru.
2. Per ataskaitinį laikotarpį pažemio atmosferos ore buvo nuolat stebėti gamtiniai radionuklidai ^7Be ir ^{210}Pb bei technogeninės kilmės ^{137}Cs . Vidutinės šių radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo, atitinkamai: $3020 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, $404 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ir $1,3 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Jos yra labai panašios, lyginant su 2006-2007 m. išmatuotomis vertėmis.
3. Tolimosios pernašos būdu atnešamų netipiškų radionuklidų – aktyvacijos ir dalijimosi produktų – nestebėta.
4. Kaip ir 2006-2007 metų tyrimų laikotarpiu, Vilniaus miesto gyventojų apšvitą, gama spinduliams patekus į organizmą su įkvepiamu oru per plaučius, lėmė ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb . Ši apšvita sudaro nedidelę dalį (apie 2%) visos apšvitos, kurią žmogus patiria veikiant išorinei gamtinei spinduliuotei, atitinkančiai vidutinę lygiavertės dozės galią 100 nSv h^{-1} . Didžiausią įnašą iš įkvepiamų gama spindulių sukuria ^{210}Pb kartu su savo dukterinių skilimo produktų spinduliuote.

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. 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.
5. DEUTSCHER KALIBRIERDIENST (DKD), 17 February 1997. Page 2 of calibration certificate for Reference Solution No. FE101.
6. Debertain K., Helmer R. G. (1988) γ - and X-ray spectrometry with semiconductor detectors. North Holland, Amsterdam.
7. Debertain K., Schotzig U. (1979) Coincidence summing corrections in Ge(Li)-spectrometry at low source-to-detector distances. Nuclear Instruments and Methods, 158, 471-477.
8. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, ANALYTICAL QUALITY CONTROL SERVICES, Seibersdorf, 31 May 2002. Summary Report of the Proficiency Test for the Determination of Anthropogenic γ -emitting Radionuclides in a Mineral Matrix.
9. SWEDISH RADIATION PROTECTION INSTITUTE, Stockholm, 28 July 1992. Results of intercalibration exercise of cesium isotopes in soil.
10. Glavič-Cindro D., Vodenik B., Korun M., Martinčič R. (2000) Quality control of gamma-ray spectrometry measurements. Applied Radiation and Isotopes, 52, 765-770.
11. Nikkinen M. (2001) The use of Synthetic Spectra to Test the Preparedness to Evaluate and Analyze Complex Gamma Spectra. NKS-43.
12. INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION (1995). IEC 1452, International Standard, Nuclear Instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers.
13. Fizikos institutas (2008) Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2007 m. liepos 23 d. sutartį Nr. 4F07-88 (300S604).
14. Birchall A., Bailey M. R., James A. C. (1991) LUDEP: a lung dose evaluation program. Radiat. Prot. Dosim., 38, 1, 167-174.
15. 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.