

FIZIKOS INSTITUTAS

TVIRTINU:

Instituto direktorius

.....Vidmantas Remeikis

2008 m. vasario 5 d.

RADIOLOGINIAI ORO TYRIMAI VILNIAUS MIESTE

2007 m. liepos 23 d. sutartis Nr. 4F07-88 (300S604)

MOKSLO TYRIMŲ DARBŲ ATASKAITA

Branduolinių ir aplinkos
radioaktyvumo tyrimų laboratorija

Temos vadovas:
grupės vedėjas dr. A. Gudelis

VILNIUS

2008

SANTRAUKA

Darbo pavadinimas: Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste.

Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste pagal Valstybinės aplinkos monitoringo 2005-2010 metų programos dalį "Radiologinis monitoringas" atliekami nuo 2005 m. balandžio mėnesio. Šioje ataskaitoje pateikiami radionuklidų tūrinio aktyvumo matavimų rezultatai apima laikotarpį nuo 2007 m. kovo 16 d. iki 2008 m. sausio 28 d., kurio metu buvo užtikrintas nenutrūkstamas atmosferos aerolinės komponentės mėginių rinkimas pažemio ore. Visi eksponuoti filtrai buvo išmatuoti kalibruotu gama spektrometru su gryno germanio (HPGe) detektoriumi, nustatytas gama spindulių aktyvumas kiekviename mėginyje ir apskaičiuotas jų tūrinis aktyvumas ore filtrų ekspozicijos metu. Visą laikotarpį pažemio atmosferos oro aerolinėje komponentėje buvo stebėti tik gamtiniai radionuklidai ^7Be ir ^{210}Pb bei globaliai pasiskirstęs dalijimosi produktas ^{137}Cs . Apskaičiuotos gyventojų vidinės apšvitos dozės išmatuotiems radionuklidams patekus į plaučius sudaro nežymią dalį apšvitos, patiriamos dėl išorinės gamtinės spinduliuotės. Didžiausią įnašą sudaro ^{210}Pb ir jo dukterinių skilimo produktų spinduliuotė. Jokių anomalijų, susijusių su artimąja ir tolimąja oro masių pernaša, 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. Tyrimų rezultatai, apėmę laikotarpius nuo 2005 m. balandžio 30 d. iki 2006 m. kovo 24 d. ir nuo 2006 m. kovo 24 d. iki 2007 m. kovo 16d., buvo pateikti ataskaitose, atitinkamai, už sutartyse Nr. 4F05-86 ir Nr. 4F06-40 numatytus darbus [1, 2].

Tęsiant Programoje numatytų darbų vykdymą, radionuklidų koncentracijų Vilniaus miesto ore matavimai buvo nuolat atliekami nuo 2007 m. kovo 16 d. 9 val. iki 2008 m. sausio 28 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% [3]. Oras buvo imamas 2 m aukštyje virš žemės paviršiaus, vidutinė ekspozicijos trukmė – 2 savaitės. Šioje ataskaitoje pateikti tyrimų rezultatai apima laikotarpį nuo 2007 m. kovo 16 d. 9 val. iki 2008 m. sausio 28 d. 9 val.

Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste remiasi gama spektrometriniais eksponuotų filtrų matavimais ir gyventojų vidinės apšvitos skaičiavimais, atliekamais atsižvelgiant į išmatuotų radionuklidų kiekį, patekusį su įkvepiamu oru į plaučius. Gama spektrometro naudojimo ypatybės kartu su kokybės laidavimo procedūromis plačiau aprašytos ankstesnėje ataskaitoje [1], todėl čia nėra kartojamos. Analitinių rezultatų kokybės laidavimo programa, įdiegta Fizikos instituto Branduolinių ir aplinkos radioaktyvumo tyrimų laboratorijoje, numato nuolatinį darbuotojų dalyvavimą tarplaboratoriniuose palyginimuose arba profesiniuose testuose, kuriuos organizuoja kompetentingos užsienio ir Lietuvos įstaigos. Pradedant 2002 m. dalyvauta penkiuose TATENA organizacijos profesiniuose testuose ir dviejuose tarplaboratoriniuose palyginimuose, taip pat dviejuose Riso Nacionalinės Laboratorijos (Danija) bei keliuose IRMM (Institute for Reference Materials and Measurements, Belgija) organizuotuose tarplaboratoriniuose palyginimuose [4-9]. Fizikos institutas taip pat dalyvavo ir Radiacinės saugos centro organizuotuose tarplaboratoriniuose palyginimuose.

Nuo 2006 m. vykdomas Pereinamojo laikotarpio Dvynių projektas LT/2004/IB/NS/01 “Nacionalinės jonizuojančiosios spinduliuotės matavimo infrastruktūros kūrimas atsižvelgiant į geriausią ES valstybių narių praktiką” leido realizuoti metrologinę sietį su pirminiu radionuklidų aktyvumo etalonu, sukurtu ir išlaikomu Čekijos metrologijos institute Prahoje.

Nustatant mažą radionuklidų aktyvumą (paprastai, iki 1 Bq), svarbus spektrometro parametras yra fonas. Mūsų atveju, foniniame spektre nestebima nei ^{137}Cs , nei ^7Be spinduliuotė, nors labai nedidelį įnašą turi ^{210}Pb spinduliuotė, kurios intensyvumas foniniame spektre sudaro nežymią (mažiau kaip 1%) dalį oro filtruose registruojamos radioaktyviojo švino spinduliuotės intensyvumo. Tipiški foniniai spektrai parodyti Priede 1 Pav. ir 2 Pav. Lyginant eksponuoto oro filtro spektrą su foniniu spektru neabejotina, kad ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb spinduliuotė sklinda iš mėginio (3, 4 Pav.). Tai leidžia kalbėti apie minėtų radionuklidų egzistavimą pažemio atmosferos ore ir eksperimentiniais metodais nustatyti jų tūrinį aktyvumą. Tūrinis ^7Be , ^{210}Pb ir ^{137}Cs aktyvumas Vilniaus oro aerozolinėje komponentėje laikotarpiu nuo 2007 m. kovo 16 d. 9 val. iki 2008 m. sausio 28 d. pateiktas, atitinkamai, 5, 6 ir 7 paveikslėliuose. Vidutinės šių radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo: ^7Be 2780 $\mu\text{Bq m}^{-3}$, ^{137}Cs 1,9 $\mu\text{Bq m}^{-3}$ ir ^{210}Pb 437 $\mu\text{Bq m}^{-3}$. Lyginant su atitinkamo praeitų metų laikotarpio vidutinėmis vertėmis matyti, kad šių radionuklidų tūrinis aktyvumas išliko panašus. Gautus rezultatus įdomu palyginti su darbe [10] pateiktomis ^{210}Pb ir ^7Be aktyvumo koncentracijų matavimo vertėmis Edinburgo (Didžioji Britanija) pažemio ore laikotarpiu nuo 2002 m. liepos mėn. iki 2003 m. birželio mėn. Tuomet buvo nustatyta, kad švino izotopo ^{210}Pb tūrinis aktyvumas kito nuo 10 $\mu\text{Bq m}^{-3}$ iki 740 $\mu\text{Bq m}^{-3}$, o berilio-7 tūrinis aktyvumas tuo pačiu laikotarpiu kito nuo 630 $\mu\text{Bq m}^{-3}$ iki 6540 $\mu\text{Bq m}^{-3}$, tuo tarpu vidutinės minėtų radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo, atitinkamai, 210 $\mu\text{Bq m}^{-3}$ ir 2500 $\mu\text{Bq m}^{-3}$. Lyginant šias vertes su vidutinėmis vertėmis, išmatuotomis Vilniaus pažemio ore, matyti, kad ^7Be vidutinė koncentracija yra labai panaši Vilniuje ir Edinburge, ir tai aiškintina kosmogenine radionuklido kilme ir nedideliu abiejų miestų aukščių virš jūros lygio skirtumu. ^{210}Pb atveju dukart didesnės vertės Vilniuje gali būti interpretuojamos kaip efektyvesnio kontinentinių oro masių poveikio rezultatas.

Išmatuotos radionuklidų tūrinio aktyvumo vertės buvo panaudotos skaičiuojant gyventojų vidinės apšvitos dozes. 1 lentelėje pateiktos skaičiavimuose naudotos efektinės dozės koeficientų vertės. Kaip matyti iš 1 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}Pb spinduliuotė. Pastarąją aplinkybę nesunku paaiškinti dukterinių švino-210 skilimo produktų (^{210}Bi ir ^{210}Po) poveikiu.

Skaičiuojant buvo laikyta, kad vidutinio gyventojų kvėpavimo sparta yra 1 m^3/val .

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

| Radionuklidai | Efektinės dozės koeficientas, Sv/Bq | |
|---------------|-------------------------------------|--------------------|
| | Patekus į plaučius | Prarijus su maistu |

| | | |
|---------------------|----------------------|----------------------|
| ${}^7\text{Be}$ | $5,5 \cdot 10^{-11}$ | $2,8 \cdot 10^{-11}$ |
| ${}^{137}\text{Cs}$ | $3,9 \cdot 10^{-8}$ | $1,3 \cdot 10^{-8}$ |
| ${}^{210}\text{Pb}$ | $5,6 \cdot 10^{-6}$ | $6,9 \cdot 10^{-7}$ |

Nustatyta, kad vidutinis gyventojas Vilniaus mieste patiria tokias metines vidinės apšvitos dozes: 1,2 nSv dėl įkvepiamo ${}^7\text{Be}$, 20 μSv dėl įkvepiamo ${}^{210}\text{Pb}$ ir 0,7 nSv dėl įkvepiamo ${}^{137}\text{Cs}$. Kaip matyti, dozės, nulemtos ${}^7\text{Be}$ ir ${}^{137}\text{Cs}$, yra daug mažesnės už apšvitą, kurią nulemia radioaktyviojo švino izotopo ${}^{210}\text{Pb}$ 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.

II. Pirminiai stebėjimų duomenys

Pirminiai stebėjimų duomenys, apimantys laikotarpį nuo 2007 m. kovo 16 d. iki 2008 m. sausio 28 d., pateikti 2 lentelėje.

2 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 | F7-75 | 20070316-0330 | 3600±290 | 444±27 | 3,1±0,8 |
| 2 | F7-76 | 0330-0413 | 2410±190 | 246±15 | 2,0±0,5 |
| 3 | F7-77 | 0413-0427 | 3510±280 | 268±16 | <1,0 |
| 4 | F7-78 | 0427-0511 | 2940±240 | 247±15 | 1,3±0,4 |
| 5 | F7-79 | 0511-0525 | 4220±340 | 364±22 | <1,0 |
| 6 | F7-80 | 0525-0608 | 5590±450 | 508±30 | 2,6±0,6 |
| 7 | F7-81 | 0608-0622 | 4740±380 | 413±25 | 0,8±0,4 |
| 8 | F7-82 | 0622-0705 | 3330±270 | 227±14 | <1,0 |
| 9 | F7-83 | 0705-0720 | 2870±230 | 257±15 | <1,0 |
| 10 | F7-84 | 0720-0802 | 3110±250 | 221±13 | <1,0 |
| 11 | F7-85 | 0802-0816 | 3830±310 | 560±34 | <1,0 |
| 12 | F7-86 | 0816-0904 | 2810±220 | 449±27 | <1,0 |
| 13 | F7-87 | 0904-0917 | 1980±160 | 241±14 | <1,0 |
| 14 | F7-88 | 0917-1001 | 3850±310 | 751±45 | 0,7±0,5 |
| 15 | F7-89 | 1001-1015 | 1320±110 | 353±21 | <1,0 |
| 16 | F7-90 | 1015-1029 | 2520±200 | 1010±60 | 3,6±0,7 |
| 17 | F7-91 | 1029-1119 | 1100±100 | 363±22 | 2,0±0,5 |
| 18 | F7-92 | 1119-1205 | 900±80 | 401±24 | 2,1±0,5 |
| 19 | F7-93 | 1205-1217 | 1050±90 | 326±20 | 0,6±0,5 |
| 20 | F7-94 | 1217-1229 | 2280±180 | 618±37 | 0,8±0,4 |
| 21 | F8-95 | 20071229-080110 | 2070±170 | 937±56 | 1,4±0,5 |
| 22 | F8-96 | 20080110-0128 | 1130±100 | 403±25 | <1,0 |

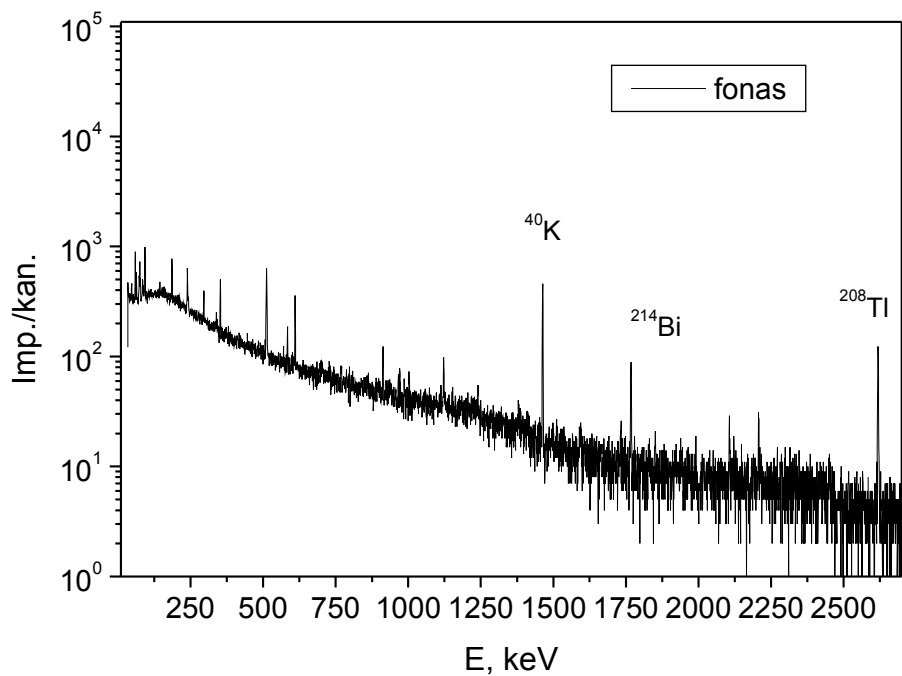
III. IŠVADOS

1. Nuo 2007 m. kovo 16 d. iki 2008 m. sausio 28 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: $2780 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$, $437 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ir $1,9 \mu\text{Bq}/\text{m}^3$. Jos yra panašios, lyginant su 2006 m. išmatuotomis vertėmis.
3. Tolimosios pernašos būdu atnešamų netipiškų radionuklidų – aktyvacijos ir dalijimosi produktų – nestebėta.
4. Kaip ir 2006 metų tyrimų laikotarpiu, Vilniaus miesto gyventojų apšvitą, radionuklidams patekus į organizmą su įkvepiamu oru per plaučius, lėmė ^{137}Cs , ^7Be ir ^{210}Pb . Ši apšvita tesudaro nedidelę dalį visos apšvitos, kurią žmogus patiria veikiant išorinei gamtinei spinduliuotei. Didžiausią įnašą (apie 2% dozės dėl išorinės gamtinės spinduliuotės poveikio) sukuria ^{210}Pb ir jo dukterinių skilimo produktų spinduliuotė.

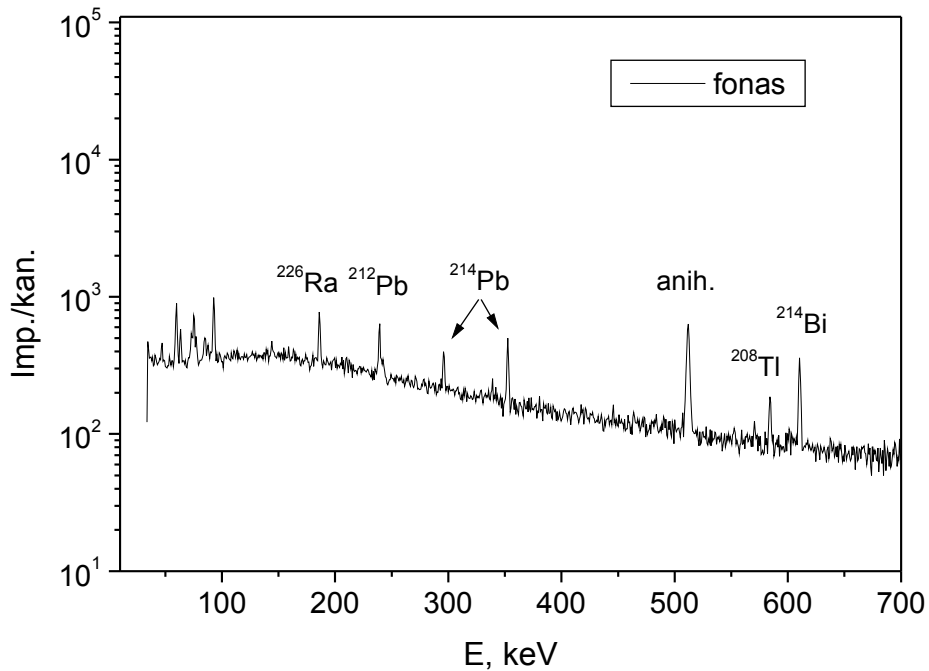
LITERATŪRA

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. Fizikos institutas (2007) Radiologiniai oro tyrimai Vilniaus mieste. Mokslo tyrimų darbų ataskaita pagal 2006 m. gegužės 24 d. sutartį Nr. 4F06-40 (300S566).
3. 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.
4. 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.
5. Pham M. K., Sanchez-Cabeza J. A., Povinec P. P. (2005) Report on the worldwide Intercomparison Exercise IAEA-385. Radionuclides in Irish Sea Sediment. IAEA/AL/151, IAEA/MEL/76.
6. Nielsen S. P. (2004) An Intercomparison on Radionuclides in Environmental Samples, Baltic-Danish Co-operation Project on Radiation Protection 2001-2003. Riso National Laboratory, Riso-R-1467(EN).
7. Nielsen S. P. (2006) Intercomparison of Laboratory Analyses of Radionuclides in Environmental Samples. Riso National Laboratory, NKS-144, ISBN 87-7893-207-6.
8. Wätjen U., Szántó Zs., Altitzoglou T., Sibbens G., Keightley J., Van Ammel R., Hult M., De Cort M. (2007) Evaluation of EC measurement comparison on simulated airborne particulates – ^{137}Cs in air filters. Institute for Reference Materials and Measurements, EUR 22926 EN, ISBN 978-92-79-06962-8.
9. Shakhashiro A., Sansone U., Trinkl A., Makarewicz M., Yonezawa C., Kim C. K., Kis-Benedek G., Benesch T., Schorn R. (2007) Report on the IAEA-CU-2006-03 World-Wide Open Proficiency Test on the Determination of Gamma Emitting Radionuclides. IAEA/AL/171.
10. Likuku A. S. (2006) Factors influencing ambient concentrations of ^{210}Pb and ^7Be over the city of Edinburgh (55.9°N, 03.2°W). *Journal of Environmental Radioactivity*, 87, 289-304.
11. Magill, J. 2003 *Nuclides.net* (An integrated environment for computations on radionuclides and their radiation. European Communities and Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg).

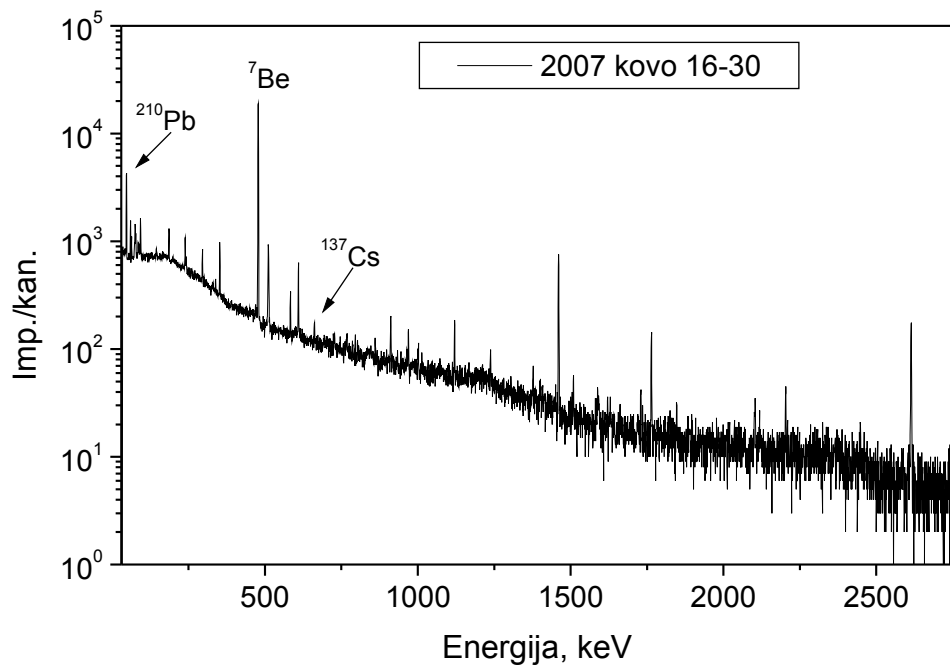
PRIEDAS



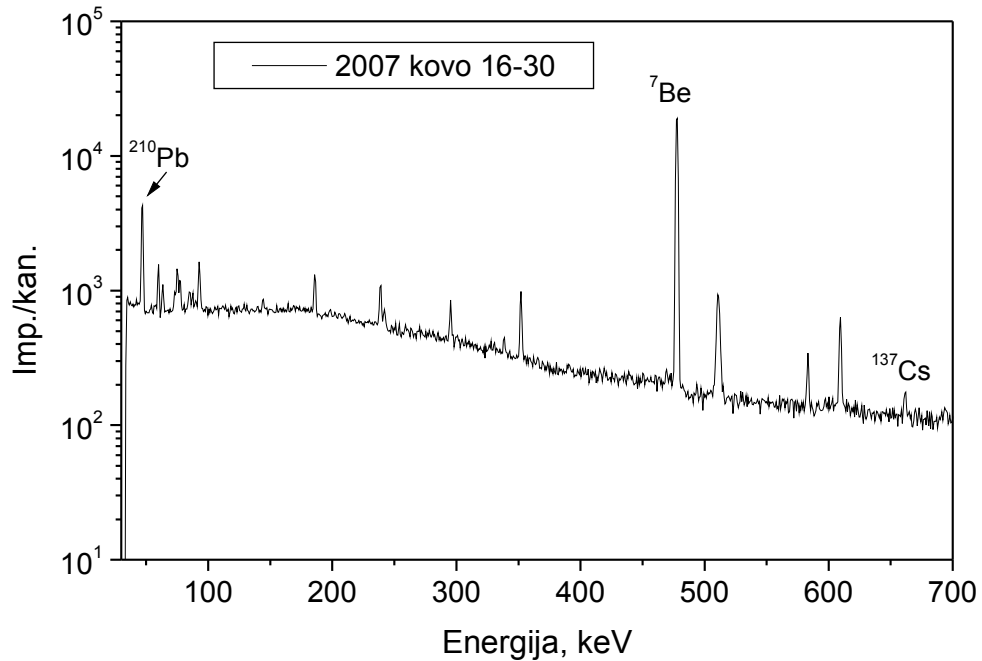
1 Pav. Foninis spektras energijos diapazone nuo 30 keV iki 2700 keV.



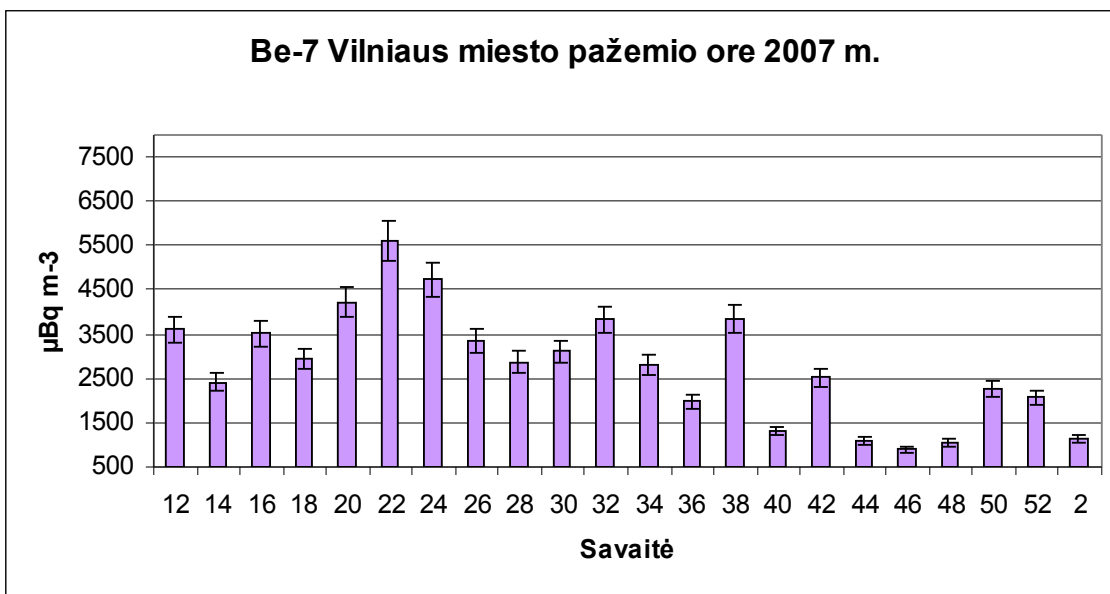
2 Pav. To paties foninio spektro fragmentas, demonstruojantis ruožą nuo 30 keV iki 700 keV.



3 Pav. Mėginio spektras energijos diapazone nuo 30 keV iki 2700 keV.



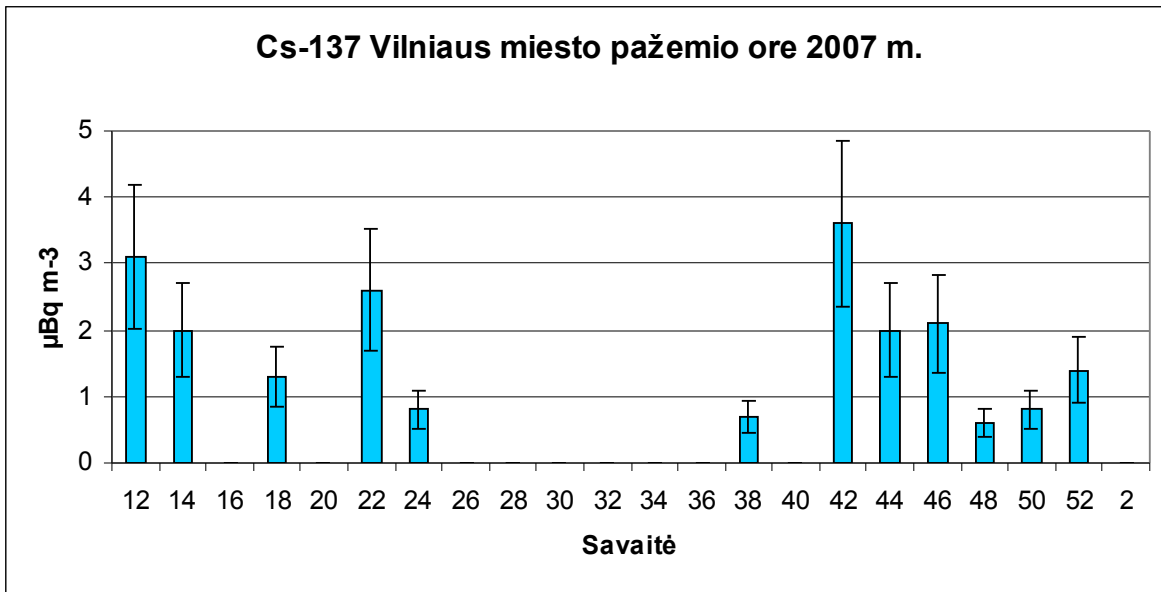
4 Pav. To paties (žr. 3 Pav.) mėginio spektro fragmentas, demonstruojantis ruožą nuo 30 keV iki 700 keV.



5 Pav. ⁷Be tūrinio aktyvumo kaita laikotarpiu nuo 2007 m. kovo 16 d. iki 2008 m. sausio 28 d.



6 Pav. ²¹⁰Pb tūrinio aktyvumo kaita laikotarpiu nuo 2007 m. kovo 16 d. iki 2008 m. sausio 28 d.



7 Pav. ¹³⁷Cs tūrinio aktyvumo kaita laikotarpiu nuo 2007 m. kovo 16 d. iki 2008 m. sausio 28 d.