

GAMA RADIACINIO FONO TYRIMAI ŠIAULIUOSE

Edvinas Vaičys, Robertas Klimas, Vaclovas Tričys

Šiaulių universitetas, Inžinerijos katedra

E. p.: e.vaicys@gmail.com, robertas.klimas@gmail.com, vaclovas.tricys@gmail.com

Įvadas

Gama (γ) spinduliuotė – aukštų dažnių elektromagnetiniai spinduliai, kurie susidaro atomams pereinant iš vieno energetinio lygio į kitą, vykstant branduolinėms reakcijoms arba radioaktyviajam skilimui. Ši spinduliuotė turi nedidelę jonizacijos galią, tačiau yra ypač skvarbi. Ore sklinda šimtus metrų ir lengvai pereina per gyvuosius organizmus [1].

Gama spinduliuotės šaltiniai yra gamtiniai ir dirbtiniai. Gamtinė radiacija žmoniją veikia per visą jos egzistavimą. Gama spindulius skleidžia iš žemės gelmių sklindančios radioaktyviosios dujos – radonas, kosminė spinduliuotė ir grunte, statybinėse medžiagose bei maiste esantys radionuklidai. Prie gamtinio radiacinio fono, supančio mus visur ir kintančio įvairiose geografinėse vietovėse, žmogus yra prisitaikęs [2].

Dirbtiniai radiacijos šaltiniai sukurti žmogaus, naudojami moksle, medicinoje, žemės ūkyje, pramonėje. Kai kur šių šaltinių spinduliuotė gali viršyti natūralų foną ir tapti apšvitos priežastimi.

Gama jonizuojančiosios spinduliuotės pokyčio įvertinimas yra itin svarbus aplinkosaugos aspektu. Gamtinių radionuklidų pasiskirstymas gyvenamojoje aplinkoje bei atmosferoje yra nuolat stebimas. Lietuvos teritorijoje šiuo metu veikia radiacinio fono matavimo stočių tinklas, kurį sudaro 20 trijų tipų stacionarių stočių ir viena mobili stotis, įrengta visureigyje. Kur neprivažiuoja visureigis, naudojamas nešiojamasis spektrometras [3].

Ypač svarbu nustatyti priežastis, lemiančias gama spinduliuotės padidėjimą urbanizuotose teritorijose, ir laiku imtis priemonių, mažinančių papildomą apšvitą. Dirbtinės kilmės šaltiniais laikomi ir į aplinką patekę iš branduolinių elektrinių bei kitų branduolinių kurą naudojančių įrenginių, taip pat ir aplinkoje užsilikę radionuklidai po branduolinio ginklo bandymų arba atominių elektrinių avarijų [4].

Gama spinduliuotės energijos kiekis, perduodamas organizmui, vadinamas doze. Energijos kiekis, kurį sugeria kūno masės vienetas, vadinamas sugerta-

ja apšvitos doze. Sugertosios dozės vienetas yra siver-tas (Sv). Lygiavertė dozė – organo ar audinio sugertoji dozė, padauginta iš daugiklio, kurio skaitinė vertė priklauso nuo spinduliuotės rūšies, pvz., gama spinduliams šis daugiklis lygus 1 [5]. Lygiavertės dozės galia (LDG) – tai lygiavertė dozė per laiko vienetą. Radiacinis fonas – jonizuojančiosios spinduliuotės lygis aplinkoje, kurio matavimo vienetas SI sistemoje yra siver-tas per valandą (Sv/h). Kadangi siver-tas – didelė dozė, naudojami mažesni vienetai – milisiver-tai (mSv/h), mikrosiver-tai (μ Sv/h) arba nanosiver-tai per valandą (nSv/h) [2, 5, 6].

Jonizuojančiosios spinduliuotės dozės, kurios nesukelia pakitimų žmogaus organizme, vadinamos leistinomis dozėmis. Maksimali leistina dozė yra didžiausia spinduliuotės dozė, kuriai tolygiai švitinant organizmą 50 metų nesukeliami nei organizmo, nei paveldimi genetiniai pakitimai [7].

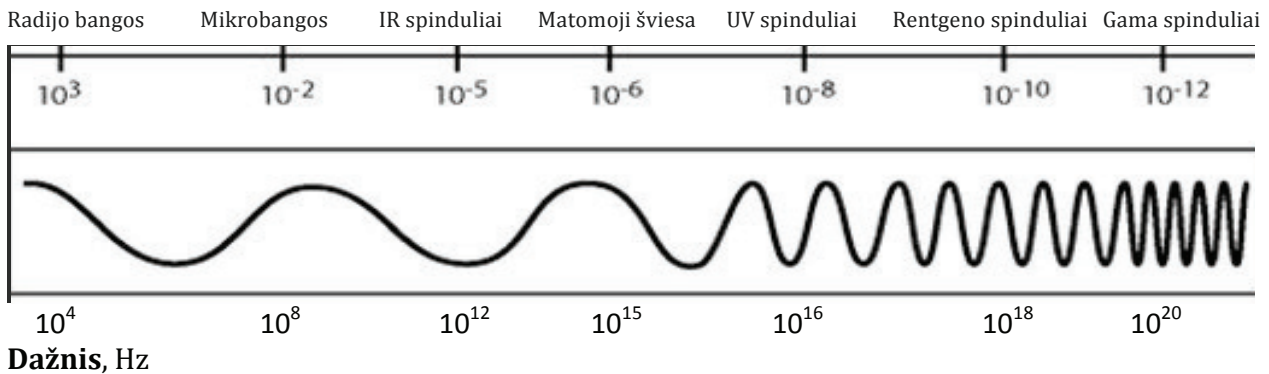
Daugiausia radioaktyviųjų spindulių Žemės gyventojai gauna iš gamtos ir išvengti tokio spinduliuotės poveikio neįmanoma. Skiriasi tik gaunamos apšvitos dozės. Žmogus apšvitinamas dviem būdais: iš išorės ir iš vidaus (su maistu, vandeniu, užterštu oru). Didžiausias jonizuojančiosios spinduliuotės šaltinis yra žemės gelmėse. Šiek tiek mažiau žmones veikia kosminis spinduliuotės šaltinis [8, 11].

Žmogus didžiąją laiko dalį praleidžia patalpo-se, todėl vertinama ir gama spinduliuotės kaita pastatuose. **Tyrimo tikslas** – atlikti gama radiacinio fono tyrimus Šiaulių mieste.

Uždaviniai: išmatuoti gama radiacinio fono reikšmes miesto teritorijoje, įvairios paskirties pastatuose bei statybinėse medžiagose ir gama radiacinio fono kitimą įvairiame aukštyje. Įvertinti gama radiacinio fono reikšmes Šiaulių miesto vandens telkiniuose ir geriamajame vandenyje.

Aplinkoje sklinda įvairaus dažnio elektromagnetinės (EM) bangos (1 pav.). Straipsnyje nagrinėjama tik labai siaura elektromagnetinių bangų zona – gama spinduliai.

EM bangų ilgis, metrais



1 pav. Elektromagnetinių bangų spektro schema (pagal [10]).

Gama radiacinis fonas buvo matuojamas universaliu radiacinio fono matuokliu RadEye B-20 ER [10], skirtu alfa, beta, gama ir rentgeno spindulių tyrimams. Tai prietaisas, sugertą gama kvantą paverčiantis į elektros srovės impulsą, kurio stipris priklauso nuo gama kvanto skleidžiamos energijos. Jis pritaikytas atlikti matavimus vidaus ir lauko sąlygomis. Šiuo prietaisu pasirinktose vietose matuota gama spindulių lygiavertės dozės galia ($\mu\text{Sv/h}$). Gama radiacinio fono matavimai buvo vykdyti keturiomis kryptimis:

- miesto gyvenamųjų rajonų grunto paviršiuje;
- pastatuose ir statybinių medžiagų paviršiuje;
- daugiaaukščio gyvenamojo namo skirtinguose aukštuose;

- paviršinio vandens telkiniuose ir geriamajame vandenyje.

Gama radiacinio fono tyrimai buvo atlikti esant geroms oro sąlygoms. Matavimo taškai parinkti, atsižvelgus į tinkamumą matuoti visus taršos ingredientus, kuriuos nustatinėja Šiaulių municipalinė aplinkos tyrimų laboratorija. Kiekviename taške matuota po penkis kartus ir nustatyta LDG vidutinė vertė.

Tyrimo rezultatai

Gama radiacinio fono tyrimai gyvenamųjų mikrorajonų aplinkoje

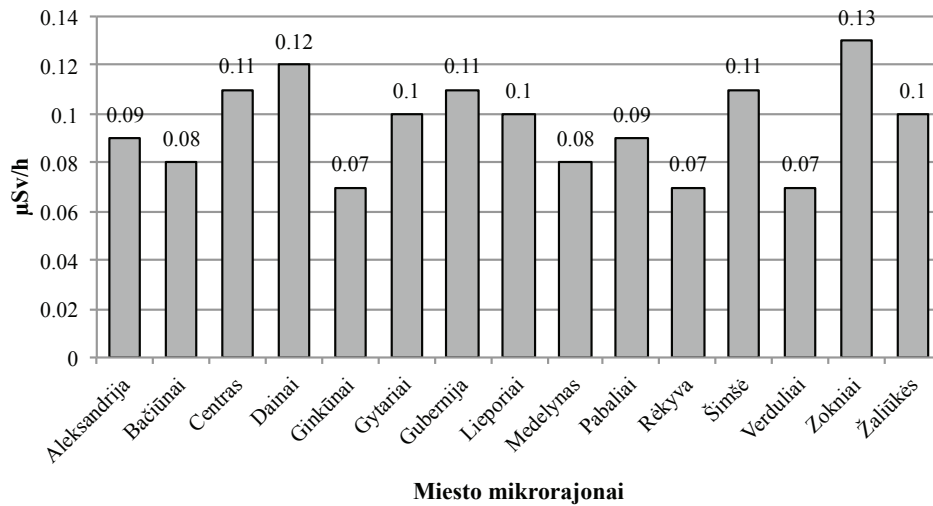
Miesto rajonai ir matavimų vietų adresai pateikti lentelėje.

Lentelė. *Gama radiacinio fono matavimo vietų adresai*

Nr.	Mikrorajonas	Tirtos vietos adresas
1	Aleksandrija	Stendo g. 2
2	Bačiūnai	Vyturių g. 18
3	Centras	Dvaro g. 55
4	Dainai	Dainų g. 18
5	Ginkūnai (Šiaulių r. sav.)	Švedės g. 2
6	Gytariai	K. Korsako g. 10
7	Gubernija	Spindulio g. 9
8	Lieporiai	Gegužių g. 17
9	Medelynas	Birutės g. 43
10	Pabaliai	Žvaigždžių g. 14
11	Rėkyva	Energetikų g. 4
12	Šimšė	Vilniaus g. 38
13	Verduliai	Tauro g. 22
14	Zokniai	Radviliškio g. 88
15	Žaliūkės	Paukščių takas 2

Gama radiacinio fono tyrimai Šiaulių miesto mikrorajonų aplinkoje buvo vykdomi 2018 m. gegužės 12 d. Diena buvo saulėta, oro temperatūra $23\text{ }^{\circ}\text{C}$, vėjo greitis svyravo nuo 1 iki 3 m/s.

Gama radiacinio fono tyrimų rezultatai pateikti 2 pav.

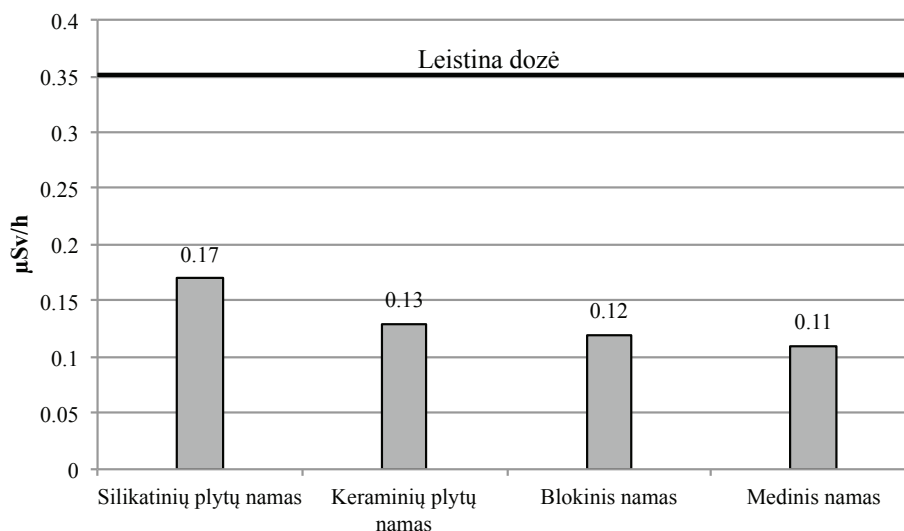


2 pav. Gama radiacinio fono kitimas ($\mu\text{Sv/h}$) Šiaulių mieste 2018 m. gegužės 12 d.

Užfiksuoti matavimų duomenys rodo, kad gama radiacinis fonas matuotose vietose neviršijo ribinės vertės ($0,35 \mu\text{Sv/h}$) ir kito nuo $0,07 \mu\text{Sv/h}$ iki $0,13 \mu\text{Sv/h}$. Mažiausia spinduliuotės vertė užfiksuota trijuose miesto mikrorajonuose – Ginkūnuose, Rėkyvoje ir Verduliuose, o didžiausios fono vertės – Dainų ($0,12 \mu\text{Sv/h}$) ir Zoknių ($0,13 \mu\text{Sv/h}$) mikrorajonuose. Šiuos rezultatus galėjo nulemti matavimų vietose esančios grunto medžiagos, kurios galėjo būti paveiktos buvusios „Nuklono“ gamyklos išlakų (Dainų g.) ir buvusio Zoknių karinio oro uosto veiklos.

Gama radiacinio fono tyrimai pastatuose ir statybinėse medžiagose

Didžiausią gamtinės spinduliuotės dalį žmonės gauna būdami patalpose, todėl, norint išsiaiškinti gaunamą apšvitos dozę, reikia ištirti statybines medžiagas, iš kurių pastatyti gyvenamieji namai. Statybinės medžiagos turi skirtingas savybes, vienos jų gali sumažinti gamtinę gama spinduliuotę, o kitos pačios gali būti apšvitos šaltiniu. Atlikus gama radiacijos fono tyrimus iš skirtingų statybinių medžiagų pastatuose namuose, gauti rezultatai pateikti 3 paveiksle. Tyrimai atlikti gyvenamųjų namų viduje.



3 pav. Lygiavertės dozės galios kitimas pastatuose iš skirtingų statybinių medžiagų

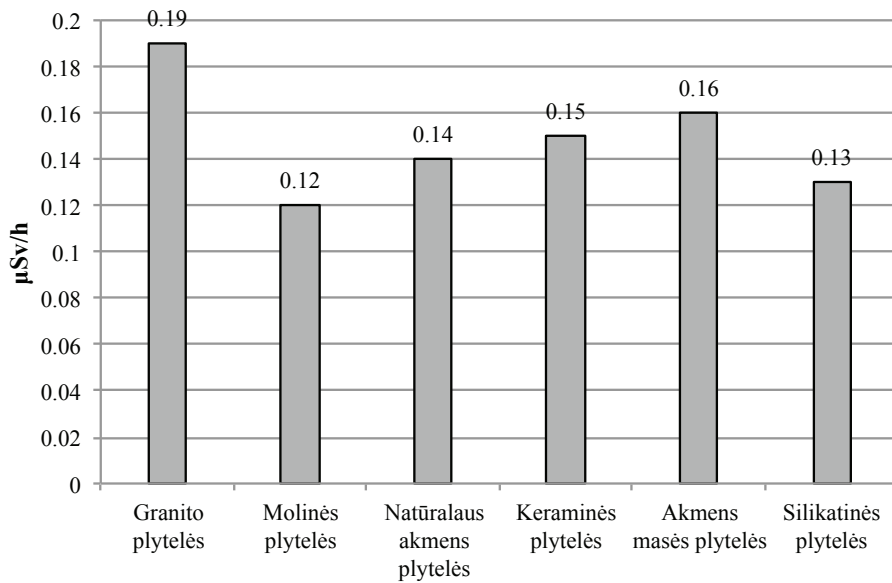
Analizuojant rezultatus matyti, kad gama radiacinis fonas kito nuo $0,11 \mu\text{Sv/h}$ iki $0,17 \mu\text{Sv/h}$. Mažiausia vertė nustatyta mediniame name, o didžiausia vidutinė vertė gauta silikatinų plytų pastate. Šiuos

rezultatus galėjo nulemti medžiagų kilmės šalis. Silikatinų plytų namo gyventojai gauna didesnę apšvitos dozę nei medinių namų. Palyginimui paveiksle parodyta higienos normose nustatyta leistina apšvitos

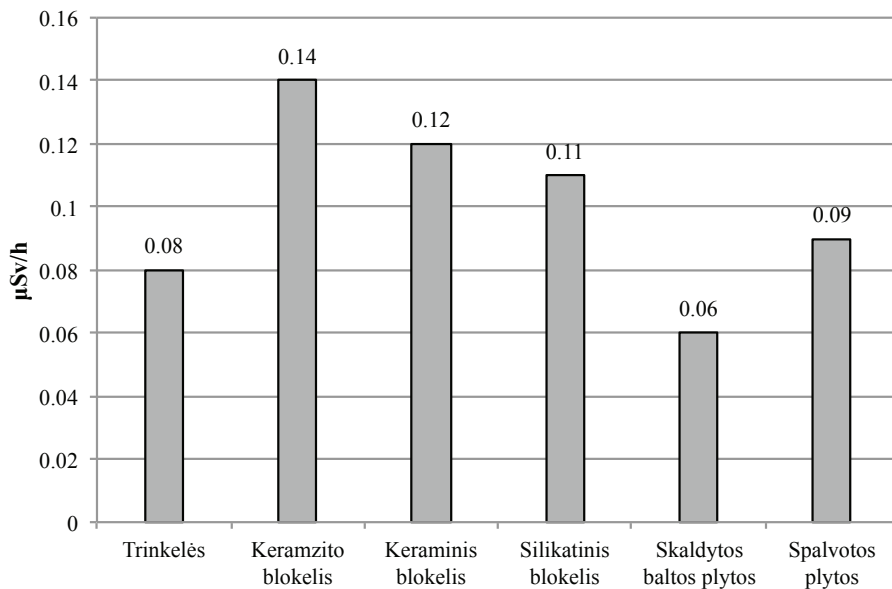
dozė (perskaičiuota į mikrosivertus per valandą) – 0,35 $\mu\text{Sv/h}$ [7].

Matome, jog visuose namuose, kuriuose atlikti tyrimai, gyventi yra saugu.

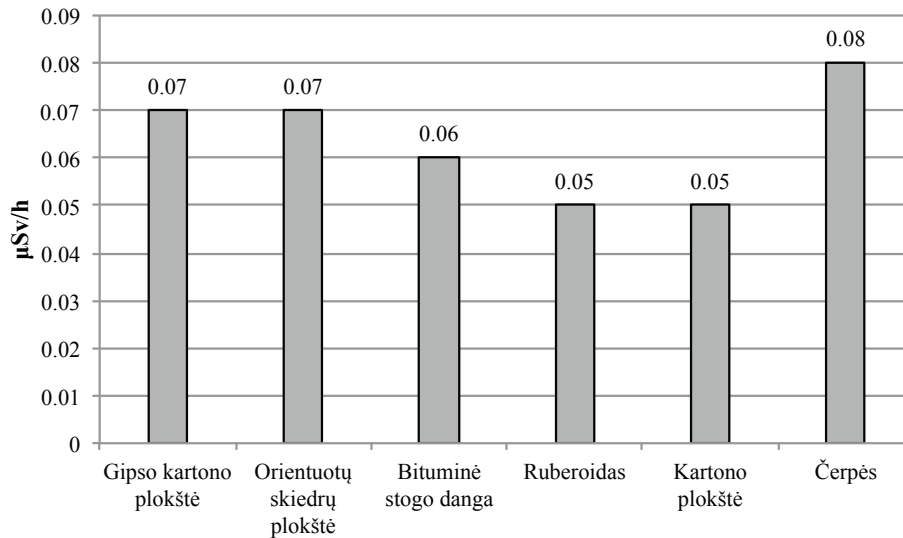
Gama radiacinio fono matavimo rezultatai įvairiose statybinėse bei apdailos medžiagose pateikti 4, 5, 6 paveiksluose.



4 pav. Gama radiacinis fonas apdailos plytelėse



5 pav. Gama radiacinis fonas įvairiose statybinėse medžiagose



6 pav. Gama radiacinis fonas sienų ir stogo statybinėse medžiagose

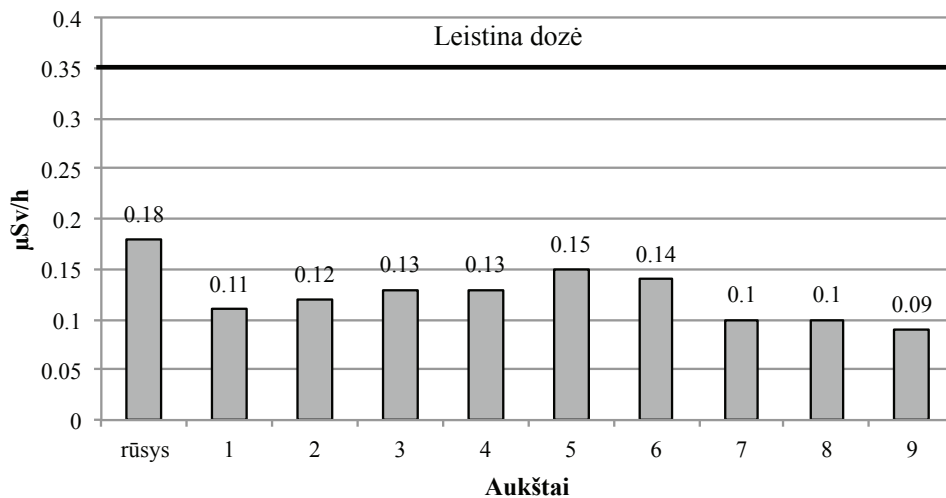
Kaip matyti iš pateiktų duomenų (4, 5, 6 pav.), gama radiacinis fonas statybinėse medžiagose kito nuo 0,05 μSv/h iki 0,19 μSv/h. Mažiausia gama spinduliuotės reikšmė užfiksuota stogo dangoje ruberoide ir sienų kartono plokštėje, didžiausia – granito bei akmens masės plytelėse. Įvertinant gautus rezultatus galima teigti, kad, statant namą, geriausia rinktis: sienoms – skaldytas plytas, stogui – bituminę dangą, o apdailai – medines medžiagas arba molio plyteles.

Gama radiacinio fono tyrimas daugiaaukščiame name

Tyrimui pasirinktas devynių aukštų gyvenamasis namas Šiauliuose, V. Grinkevičiaus gatvėje.

Matavimai atlikti kiekvienoje daugiaaukščio laiptinėje, visuose aukštuose, matuojant po 3 kartus skirtinguose taškuose. Iš gautų rezultatų išvestas vidurkis. Radiacinio fono rodiklių reikšmės gautos

nuo 0,09 μSv/h iki 0,18 μSv/h. Mažiausia vertė buvo devintame (aukščiausiam) daugiaaukščio aukšte, o didžiausia – daugiaaukščio rūsyje. Iš tyrimo rezultatų matome, kad aukštis nuo žemės paviršiaus gyvenamuosiuose pastatuose apšvitos vertei nedarė esminės įtakos (7 pav.). Rūsyje aukščiausią spinduliuotės dozę galėjo nulemti iš grunto besiskverbianti radono dujos ir nepakankama rūšio patalpos ventiliacija, neišskleidanti radono. Lyginant su higienos normos nustatyta leistina apšvitos doze – 0,35 μSv/h [7], faktinė apšvita buvo daugiau kaip du kartus mažesnė. Visuose namo aukštuose gyventi yra saugu. Nors gyvenamajame name apšvitos dozės nuo aukščio nekinta, tačiau spinduliuotės dozės galia turi priklausomybę nuo aukščio. Kuo aukščiau virš jūros lygio, tuo apšvitos dozė didėja: dešimties km aukštyje ji gali padidėti daugiau kaip 10–15 kartų, lyginant su fonine prie žemės paviršiaus [11].

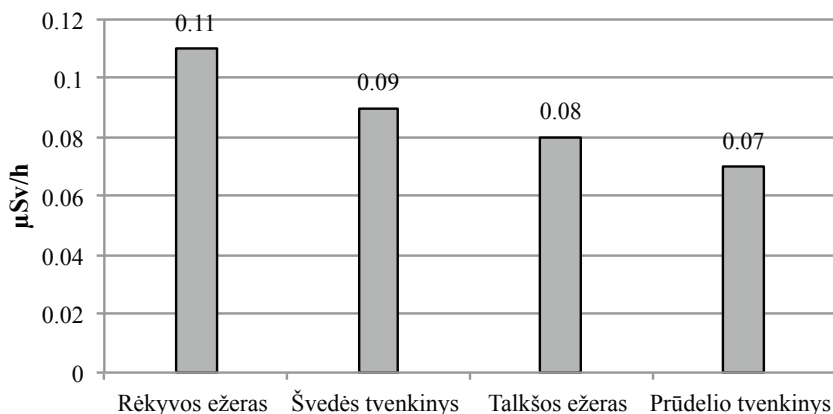


7 pav. Gama radiacinio fono kitimas daugiaaukščiame name

Gama radiacinio fono tyrimai vandenyje

Kaip minėta, vanduo, maistas ir užterštas oras gali sukelti žmonėms vidinę apšvitą, todėl buvo svarbu išmatuoti vandens spinduliuojamą gama radiacinį foną miesto teritorijoje esančiuose vandens telkiniuose,

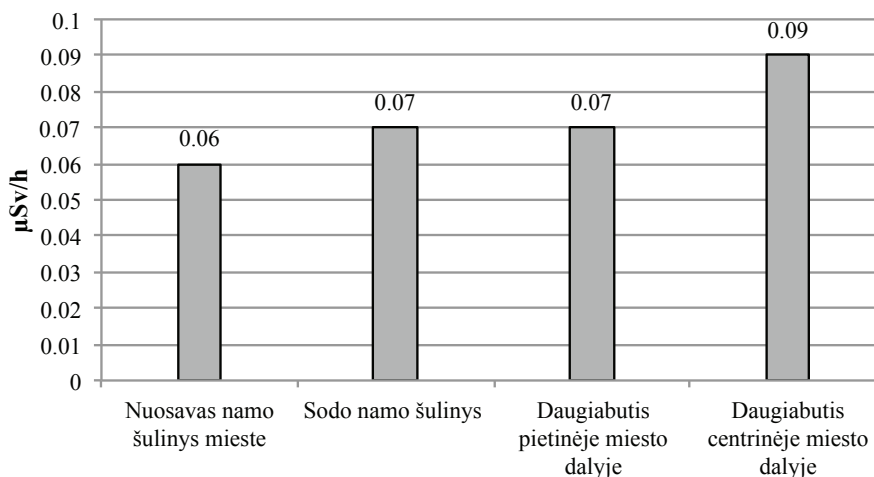
taip pat ir geriamajame vandenyje. Vandens gama radiacinio fono tyrimai buvo atliekami vandens mėginius matuojant iš karto po pasėmimo. Matavimo duomenys pateikti 8 pav.



8 pav. Šiaulių miesto vandens telkinių gama radiacinis fonas

Iš pateiktų duomenų matyti, kad vandens telkinių sklaidžiama apšvita nėra didelė. Ji kito nuo 0,07 μSv/h iki 0,11 μSv/h. Mažiausia reikšmė užfiksuota Prūdelio tvenkinyje – 0,07 μSv/h, o didžiausia Rėkyvos ežere – 0,11 μSv/h. Rezultatų skirtumus galėjo nulemti iš telkinių dugno grunto išsiskiriančios radono dujos.

Geriamasis vanduo tirtas skirtingose Šiaulių miesto vietose (9 pav.), siekiant išsiaiškinti, kaip dozių svyravimai kinta skirtinguose vandens šaltiniuose, sužinoti, koks šaltinis sveikiausias ir kas gali daryti įtaką tyrimams.



9 pav. Geriamojo vandens gama radiacinis fonas

Kaip matome 9 paveiksle, geriamojo vandens apšvitos dozės kinta nuo 0,06 μSv/h iki 0,09 μSv/h. Mažiausia dozė nustatyta nuosavo namo šulinyje miesto centre – 0,06 μSv/h, didžiausia dozė gauta daugiabutyje centrinėje miesto dalyje – 0,09 μSv/h. Didesnį rodiklį galėjo lemti tai, jog centrinei miesto

daliai vanduo tiekiamas iš Lepšių vandenvietės, kurioje vanduo imamas iš 162–178 m gylio gręžinių ir juose vanduo labiau paveiktas radono. Mažiausias rodiklis gautas vandenyje iš 15 m gylio šulinio.

Vandeniui higienos normose nėra nustatytos leistinos apšvitos dozės, todėl gautus duomenis paly-

ginome su bendra fonine apšvitos doze – 0,35 $\mu\text{Sv/h}$. Visų vandens mėginių rodikliai buvo daugiau kaip 3 kartus mažesni už minėtą dozę.

Išvados

1. Gama spinduliuotės fonas Šiaulių mikrorajonuose kinta nuo 0,07 $\mu\text{Sv/h}$ iki 0,13 $\mu\text{Sv/h}$. Tyrimų metu didžiausia dozė (0,13 $\mu\text{Sv/h}$) buvo užfiksuota Zoknių mikrorajone.
2. Statybinės medžiagos, iš kurių pastatyti gyvenamieji namai, turi įtaką gama radiacinio fono dydžiui. Didžiausia radiacinio fono tyrimo vertė gauta silikatinių plytų name – 0,17 $\mu\text{Sv/h}$. Tirtų namų lygiavertės dozės galios yra nepavojingos ir neviršija įstatymų nustatytos (0,35 $\mu\text{Sv/h}$).
3. Devynių aukštų gyvenamajame name jonizuojančiosios spinduliuotės vertės kito nuo 0,09 iki 0,18 $\mu\text{Sv/h}$. Spinduliuotės dozės nuo gyvenamojo aukšto nepriklauso. Didžiausia vertė gauta rūsyje. Apskaičiuotos lygiavertės dozės galios nė viename gyvenamojo namo aukšte neviršijo leistinų.
4. Šiaulių miesto vandens telkiniuose apšvitos dozės kito nuo 0,07 iki 0,11 $\mu\text{Sv/h}$. Geriamojo vandens tyrimų vietose gama radiacijos fonas kito nuo 0,06 iki 0,09 $\mu\text{Sv/h}$. Visus vandens tyrimų rezultatus galėjo nulemti iš grunto išsiskiriančios radono dujos. Vandens gama spinduliuotės rodikliai daugiau kaip 3 kartus mažesni už foninę apšvitos dozę.

Literatūra

1. Butkus D., 2006, *Jonizuojančioji spinduliuotė aplinkoje*. Vilnius: Technika.
2. Valstybinė atominės energetikos saugos inspekcija. Radiacinis fonas. <<http://vatesi.lt/index.php?id=220>>. [2018-09-28].
3. RADIS stotys Lietuvoje, 2016. <<https://aplinka.lt/radis-stotys>>. [2018-09-29].
4. Cidzikiėnė V., 2011, Lygiavertės dozės galios potencialioje naujos atominės elektrinės aikštelėje analizė ir rezultatų interpretacija. *Jaunųjų mokslininkų darbai*. Nr. 2 (31). P. 104–109.
5. Radiacija. <<https://mokslai.lt/referatai/fizika/radiacija.html>>. [2018-09-29].
6. Aplinkos apsaugos agentūra. Oras. Terminai. <<http://oras.gamta.lt/cms/index?rubricId=ff20465a-5ddf-48f9-a06a-a2a379548fd1>>. [2018-09-29].
7. Lietuvos higienos norma HN 73:2018 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“.
8. Poškus A., 2012, Rentgeno spinduliuotė. Savybės, sąveika su medžiaga, taikymas projekcinėje radiografijoje. Vilnius: VU Fizikos fakultetas. <http://web.vu.lt/ff/a.poskus/files/2012/12/Rentg_paskaitos.pdf>. [2018-09-25].
9. SC663. Astronomy. Electromagnetic Spectrum. <<https://sc663sfastronomy.weebly.com/light.html>>. [2018-09-28].
10. RadEye™ B20 and B20-ER Multi-Purpose Survey Meters. <<https://www.thermofisher.com/order/catalog/product/4250685>>.
11. Радиация в самолете – о чем молчат авиакомпании. <<https://nikitskij.livejournal.com/637463.html>>. [2018-09-03].

Summary

RESEARCH OF GAMMA RADIATION BACKGROUND IN ŠIAULIAI

Edvinas Vaičys, Robertas Klimas, Vaclovas Tričys

In the article, the authors identify sources of ionizing gamma radiation, their types, possible exposure to humans and the environment. In addition it discusses the external and internal exposures of natural origin. The most important concepts and terms used in radiological measurements are presented. The results of background research on gamma radiation in Šiauliai are analysed. The values of gamma radiation background in town areas, in various buildings and in building materials, and changes in the gamma radiation background in different floors of residential buildings were measured. In addition, the authors measured background radiation values of gamma in water bodies and drinking water in Šiauliai city. In the course of the study, the gamma radiation background in Šiauliai city districts varied from 0.07 $\mu\text{Sv/h}$ to 0.13 $\mu\text{Sv/h}$. Gamma radiation background values can depend on the soil composition and the works carried out in previous years. Measurement data is systematized and visually presented. It has been established that the gamma radiation values in the investigated residential houses, materials and drinking water did not exceed the permissible exposure doses established in hygiene norms. The paper presents conclusions about gamma radiation background research results.

Keywords: *gamma rays, radiation background, radiation measurement, radon, radiation doses.*

Santrauka**GAMA RADIACINIO FONO TYRIMAI ŠIAULIUOSE***Edvinas Vaičys, Robertas Klimas, Vaclovas Tričys*

Straipsnyje įvardyti jonizuojančiosios gama spinduliuotės šaltiniai, jų rūšys, galimas poveikis žmonėms bei aplinkai. Aptarta gamtinės kilmės išorinė ir vidinė žmogaus apšvita. Pateikiamos svarbiausios sąvokos ir radiaciniuose matavimuose vartojami terminai. Nagrinėjami gama radiacinio fono tyrimų Šiaulių mieste rezultatai. Išmatuotos gama radiacinio fono reikšmės miesto teritorijoje, įvairios paskirties pastatuose bei statybinėse medžiagose ir gama radiacinio fono kitimai gyvenamųjų namų skirtinguose aukštuose. Įvertintos gama radiacinio fono reikšmės Šiaulių miesto vandens telkiniuose ir geriamajame vandenyje. Tyrimo metu nustatyta, kad gama spinduliuotės fonas Šiaulių miesto mikrorajonuose kito nuo 0,07 $\mu\text{Sv/h}$ iki 0,13 $\mu\text{Sv/h}$. Gama radiacinio fono vertės, galimas daiktas, nuo grunto sudėties ir matavimų vietose ankstesniais metais vykdytos veiklos. Matavimo duomenys susisteminti ir pateikti diagramose. Konstatuota, kad gama spinduliuotės fono reikšmės tirtuose gyvenamuosiuose namuose, medžiagose ir geriamajame vandenyje neviršijo higienos normose nustatytų leistinų apšvitos dozių. Darbe pateiktos išvados apie gama radiacinio fono tyrimų rezultatus.

Prasminiai žodžiai: *gama spinduliai, radiacinis fonas, spinduliuotės matavimas, radonas, apšvitos dozė.*

Įteikta 2018-10-01

Priimta 2018-10-10