

RADONO TŪRINIO AKTYVUMO DARBO VIETOSE, ĮRENGTOSE PASTATŲ RŪSIUOSE TYRIMAS

Gabija Uselytė

Darbo vadovė Ingrida Pliopaitė Bataitienė

Utenos kolegija Verslo ir technologijų fakultetas
Maironio g. 18, Utena

Anotacija

Gamtinės kilmės radioaktyviosios dujos (^{222}Rn) yra bespalvės, bekvapės, sunkesnės už orą, skleidžiančios jonizuojančiąją spinduliuotę. Lietuvoje pagrindiniai ^{222}Rn šaltiniai patalpose yra: gruntas, vanduo, statybinės medžiagos. Šių inertinių dujų kiekis patalpose priklauso nuo grunto oro, kuris patenka į pastatą prasiskverbęs pro gruntą, pamatus ir taip kaupiasi rūsiuose ir pirmuose namų aukštuose. Vidutinė radono tūrinio aktyvumo reikšmė Lietuvoje yra 64 Bq/m^3 . Dėl skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės poveikio padidėja rizika susirgti onkologinėmis ligomis. ^{222}Rn tūrinio aktyvumo darbo vietose, įrengtose pastatų rūsiuose tyrimams buvo pasirinkti objektai Molėtų rajone, nes šis rajonas yra priskirtinas prie rajonų, kur yra didesnis nei vidutinis Lietuvos ^{222}Rn tūrinis aktyvumas. Tūrinio aktyvumo koncentracijos darbo vietų patalpose, tyrimai buvo atliekami 11 tyrimų taškų, naudojant E-PERMTM (angl. Electret Passive Environmental Radon Monitor) elektretus. ^{222}Rn tūrinio aktyvumo vertės tiriamuosiuose taškuose kito nuo $(9 \pm 1) \text{ Bq/m}^3$ iki $(272 \pm 17) \text{ Bq/m}^3$. ^{222}Rn tūrinio aktyvumo nustatyta vidutinė vertė yra didesnė nei pateikta Interaktyviajame Lietuvos radono žemėlapyje, tačiau ji neviršija HN 73:2018 Pagrindinės radiacinės saugos normos nustatytų ribinių dydžių. Pagal nustatytas tūrinio aktyvumo vertes apskaičiuota darbuotojų patiriamą apšvitą, dėl radono dujų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės.

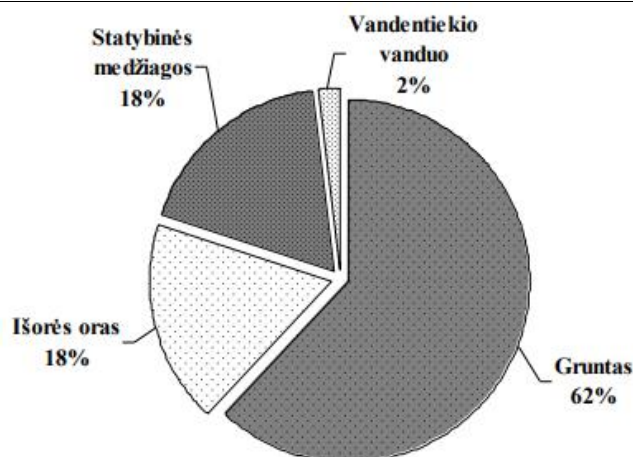
Reikšminiai žodžiai: ^{222}Rn , jonizuojančioji spinduliuotė, tūrinis aktyvumas.

Įvadas

Daktarė Danutė Ona Kimtienė visuotinėje Lietuvių enciklopedijoje radoną apibūdina taip: „periodinės elementų sistemos VIII A grupės radioaktyvusis cheminis elementas, tauriosios (inertinės) dujos“. Radono dujos yra bespalvės ir bekvapės, labai sunkios, radioaktyvios. Yra žinomi 34 izotopai, kurių masės skaičius nuo 195 iki 228 (2).

Radonas turi didžiausią reikšmę žmogaus apšvitai. Jis susidaro skylant uranui (^{238}U). Skildamas ^{238}U išspinduliuoja α daleles ir tampa ^{234}Th . Tuomet jam skylant susidaro radis (^{226}Ra) – radionuklidas, kuris išspinduliuoja alfa ir gama daleles, taip sudarydamas ^{222}Rn . Radono dujos (pusėjimo trukmė – 3,8 paros) kaupiasi natūraliai, dėl to didelės dujų koncentracijos yra ten kur gausu ^{226}Ra – kasyklose, dirvožemyje, grunte. ^{222}Rn būseną kinta žemoje temperatūroje: atšaldomas skystėja ir virsta bespalviu skysčiu, žemesnėje nei $-71 \text{ }^\circ\text{C}$ tampa geltonos spalvos, o dar žemesnėje apie $-180 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje virsta oranžiniai raudonos spalvos. Tad radono dujų galime beveik neaptikti gamtiniuose vandenyse, tačiau statybinėse medžiagose galime rasti ypač didelius jo kiekius (3).

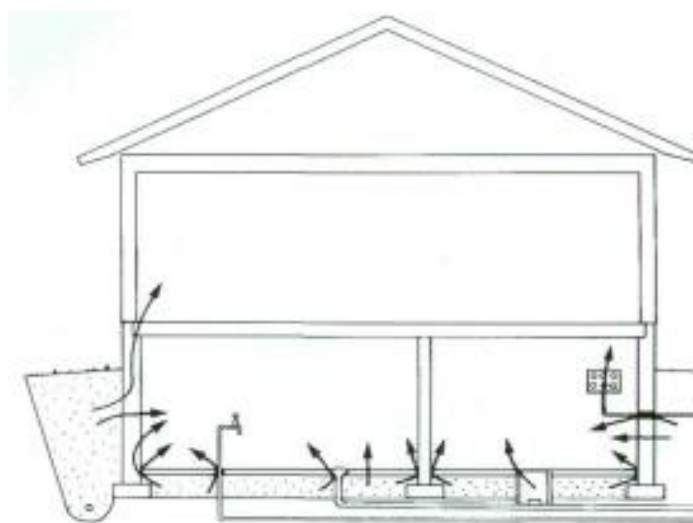
Lietuvoje yra išskiriami šie pagrindiniai ^{222}Rn šaltiniai patalpose: gruntas, vanduo, statybinės medžiagos bei oras (1 pav.). Šioje diagramoje galime įžvelgti, kad didžiausia, net 62% tikimybė yra radono dujoms prasiskverbti į patalpas iš grunto. Statybinės medžiagos ir išorės oras sudaro po 18%, o vandentiekio vanduo tik 2% galimybę susidaryti gausiai koncentracijai šių inertinių dujų.



1 pav. Radono difuzija iš medžiagų Lietuvoje (4)

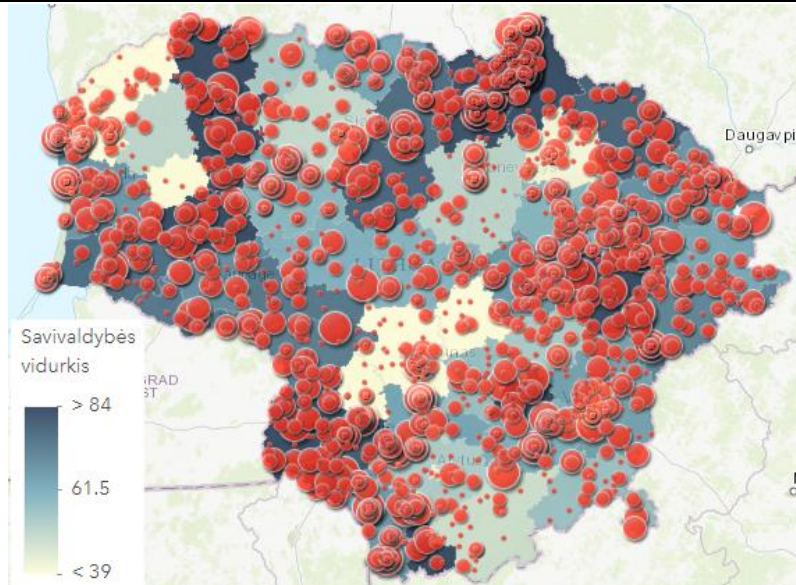
Radonas į pastatus daugiausia patenka iš grunto. Šių inertinių dujų kiekis patalpose priklauso nuo grunto oro, kuris patenka į pastatą prasiskverbęs pro gruntą, pamatus ir taip kaupiasi rūsiuose ir pirmuose namų aukštuose (2 pav.). ^{222}Rn patekimo iš grunto tikimybę lemia:

- plyšiai pastate;
- atmosferinis slėgis pastato viduje (kuo didesnis skirtumas tarp slėgio pastato viduje ir grunto slėgio, tuo daugiau oro iš grunto patenka į pastato vidų);
- drenuojamasis sluoksnis po pastatu;
- radono tūrinis aktyvumas grunto ore;
- jei pastatas ant uolienų, svarbūs radžio ir radono kiekiai (5).



2 pav. Radono dujų patekimas į pastato vidų (6)

Lietuvoje ^{222}Rn koncentracija patalpų ore pradėta matuoti nuo 1995 m. Nustatyta, jog pagrindinis radono šaltinis mūsų šalyje – gruntas. Atliekant ^{222}Rn tyrimus buvo nustatyta, jog Šiaurinėje Lietuvos pusėje, karstiniame regione, radono tūrinis aktyvumas viršija šalies vidurkį du kartus (7). Pagal radono tyrimų žemėlapi (3 pav.) Lietuvoje išviso išmatuota 3085 taškai. Vidutinė reikšmė mūsų šalyje siekia 64 Bq/m^3 .



3 pav. Lietuvos radono žemėlapis (8)

Pagal pateiktus duomenis, galime pamatyti, jog didžiausi radono tūriniai aktyvumai nustatyti: Mažeikių raj. – 94,7 Bq/m³, Telšių raj. – 87,4 Bq/m³, Šilalės raj. – 85,5 Bq/m³, Pasvalio raj. – 83,0 Bq/m³, Biržų raj. – 83,3 Bq/m³, Molėtų raj. – 96,7 Bq/m³, Elektrėnų raj. – 96,0 Bq/m³, Vilkaviškio raj. – 86,6 Bq/m³, Kalvarijos sav. – 117,9 Bq/m³, Marijampolės sav. – 80,4 Bq/m³ ir Druskininkų sav. – 125,3 Bq/m³. Mažiausi kiekiai nustatyti: Skuodo raj. – 29,8 Bq/m³, Kretingos raj. – 38,6 Bq/m³, Rietavo sav. – 22,7 Bq/m³, Šiaulių miesto sav. – 25,2 Bq/m³, Kupiškio raj. – 40,8 Bq/m³, Jonavos raj. – 29,6 Bq/m³, Kauno raj. – 25,7 Bq/m³, Kazlų Rūdos sav. – 37,7 Bq/m³, Vilniaus m. sav. – 38,3 Bq/m³. Kituose rajonuose vidurkis išlieka apie 60 Bq/m³, t.y. panašus į Lietuvos vidutinę reikšmę – 64 Bq/m³(8).

Radono dujos – bespalvės ir bekvapės, todėl žmogaus organais nematomos ir neįvertinamos. Žmogaus sveikatai radonas nėra toks pavojingas, tačiau įkvėptas kartu su trumpaamžiais skilimo produktais: ²¹⁸Po, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi, ²¹⁴Po – apšvitina plaučius. Esant didelei koncentracijai patalpų ore, šios radioaktyviosios dalelės patekusios į plaučių gleivinę pažeidžia plaučių ląsteles. Įkvėpus radioaktyvaus aerozolio, alfa dalelės nusėda kvėpavimo takuose ir per 10 – 40 metų gali išsivystyti plaučių vėžys. Rūkantiems plaučių vėžio rizika dėl ²²²Rn poveikio yra daug didesnė: beveik 90% plaučių vėžiu sergančių žmonių yra rūkantys. Kartus su tabako dūmais ²²²Rn ir jo skilimo produktų poveikis padidėja 2-10 kartų (3).

Žmonių organai ir audiniai yra nevienodai jautrūs jonizuojančiajai spinduliuotei. Mažiausiai jautrios yra raumenų, nervų mazgų, subrendusios jungiamojo audinio ląstelės, labiausiai – žarnyno epitelio ir lytinės ląstelės, limfocitai. Dėl to jautrumu taip pat skiriasi ir organai. Mažiausiai jautri – oda, kaulų paviršius, smegenys, inkstai bei kepenys. Jautriausios – lytinės liaukos, taip pat kaulų čiulpai, plaučiai, skrandis, tiesioji žarna (9).

Darbo aktualumas – radono dujos – bespalvės ir bekvapės, todėl žmogaus organais nematomos ir neįvertinamos. Atsižvelgiant į radono fizikines savybes bei norą užtikrinti saugią darbo aplinką yra svarbu nustatyti radono tūrinį aktyvumą bei įvertinti patiriamą apšvitą.

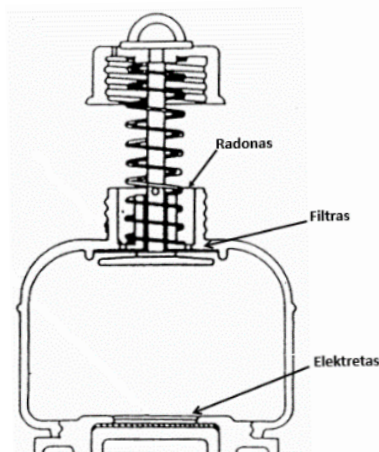
Darbo problema – ²²²Rn linkęs kauptis pastatų rūsiuose ir pirmuosiuose aukštuose. Tokiose darbo vietose įrengtose darbo vietose darbuotojai patiriam padidintą apšvitą, atsiranda rizika sveikatai.

Tyrimo tikslas – nustatyti ²²²Rn tūrinio aktyvumo darbo vietose, įrengtose pastatų rūsiuose vertes ir įvertinti darbuotojų patiriamą apšvitą dėl radono skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės.

Metodika

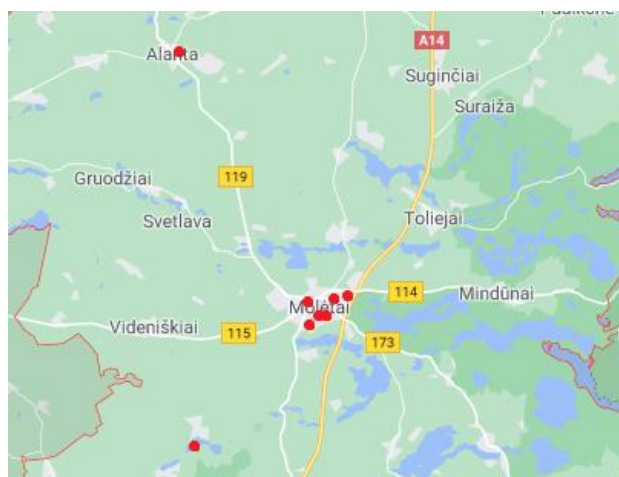
^{222}Rn tūrinio aktyvumo darbo vietose, įrengtose pastatų rūsiuose tyrimams buvo pasirinkti objektai Molėtų rajone, nes jis yra priskirtinas prie rajonų, kur yra didesnis nei vidutinis Lietuvos ^{222}Rn tūrinis aktyvumas. Pagal *interaktyvųjį Lietuvos radono žemėlapi* nurodoma, kad vidutinis šio radionuklido tūrinis aktyvumas Molėtų rajone yra 97 Bq/m^3 – t.y. 1,5 karto didesnis nei vidutinis Lietuvos.

Radono tūrinio aktyvumo patalpų ore darbo vietose tyrimams Molėtų rajone buvo naudojami E-PERMT^M (angl. *Electret Passive Environmental Radon Monitor*) elektretai (4 pav.). Šie radono detektoriai susideda iš trijų komponentų: įelektrinto teflono disko – elektreto; jonų kameros, pagamintos iš elektra laidžios plastmasės; disko paviršiaus potencialo tyrimo prietaiso (10).



4 pav. Tyrimui naudotas elektretas su teflono disku: kameros įėjimas atidarytas, viršutinė rodyklė rodo filtrą, o apatinė – teflono diską (6)

Radono tūrinio aktyvumo koncentracijos darbo vietų patalpose, kurios yra rūsiuose ar pusrūsiuose, tyrimai buvo atliekami Molėtų rajone, 11 tyrimų taškų. 5 pav. pateikiamas tiriamų objektų išsidėstymas.



5 pav. Tiriamųjų vietų išsidėstymas

Molėtų rajono reljefui būdinga kalvų, klonių, daubų gausa. Kalvotą paviršių sudaro riedulių ir gargždo pilni priemoliai ir priesmėliai, velėniniai dirvožemiai (11). Pagal vyraujančią dirvodarinę granulimetrinę sudėtį, tiriamose vietose, daugiausia Molėtų mieste, vyrauja smėlis, kuriame radono tūrinis aktyvumas yra $4 - 20 \text{ kBq/m}^3$. Smėlingas lengvas priemolis aptinkamas Žalvariuose, Inturkės ir Vilniaus gatvių tiriamuose objektuose, jų ^{222}Rn tūriniai aktyvumai yra $4 - 40 \text{ kBq/m}^3$. Priesmėlį

Ingrida Pliopaitė-Bataitienė, Gabija Uselytė. Radono turinio aktyvumo darbo vietose, įrengtose pastatų rūsiuose tyrimas galime rasti Inturkės ir Rudesos gatvėse esančiuose objektuose, čia grunto tūrinis aktyvumas 10 – 150 kBq/m³. Vidutinio sunkumo priemolis vyrauja Alantoje, šio grunto - 10 – 120 kBq/m³ (12).

Elektretai dedami tokiose vietose, kurios yra reprezentatyviausios radono aktyvumo koncentracijos ir klimatinių sąlygų patalpose atžvilgiu. Atstumas nuo sienos turi būti ne mažesnis kaip 25 cm, iki šildymo prietaisų ir vėdinimo angų – 1, 5 m (13).

Radono matuokliai tiriamuosiuose objektuose buvo eksponuojami 21 dieną. Tyrimai buvo atliekami šildymo sezono metu, kai dėl išorės ir vidaus temperatūrų skirtumo grunto oras su radono dujomis lengviau patenka į pastato vidų.

Radono aktyvumo koncentracija A (Bq/m³) apskaičiuojama pagal formulę (13):

$$A = \frac{I - F}{kT} - B, \quad (1)$$

čia: I – pradinis elektreto potencialas,

F – galinis potencialas,

k – kalibravimo koeficientas,

B – pataisa, įvedama atsižvelgiant į γ spinduliuotės įtaką elektreto potencialo pokyčiui.

Tyrimo trukmė T matuojama paromis.

"S" tipo jonų kamerai ir trumpalaikio tyrimo elektretui kalibravimo koeficientas lygus:

$$k = 1,6978 + 0,0005742(I + F)/2, \quad (2)$$

"S" tipo kamerai su ilgalaikio tyrimo elektretų kalibravimo koeficientas lygus:

$$k = 0,14 + 0,0000525(I + F)/2, \quad (3)$$

Kadangi disko paviršiaus potencialas mažėja veikiant ir foninei gama spinduliuotei, yra įvesta pataisa, kurios pagalba gauti rezultatai koreguojami atsižvelgiant į lygiavertės gama dozės galią H , kuri matuojama nSv·h⁻¹.

$$B = 0,322H, \quad (4)$$

Sisteminę tyrimo paklaidą sudaro paklaidos, susijusių su:

– kameros tūriu, disko storiu ir kitais kameros parametrais, $E1$,

– disko potencialo registravimu, $E2$,

– foninės gama spinduliuotės sugertosios dozės galios kitimu, E .

$E1$ neviršija 5%. Matuojant disko potencialą, kiekvieno tyrimo – pradinio ir galinio – galima paklaida lygi 1 V, o foninės gama spinduliuotės sugertosios dozės galios neapibrėžtis lygi 10%. Todėl metodo sisteminė paklaida lygi:

$$EO = \sqrt{\left(\frac{I - F}{kT}\right)^2 (0,0025 + \frac{2}{(I - F)^2}) + (0,10K_f)^2}, \quad (5)$$

Tyrimo rezultatai nepriklauso nuo oro temperatūros ar oro santykinio drėgnumo. Įtakos taip pat neturi aerozolio dalelių dydis ir jonų koncentracija, kuriuos sulaiko jonų kameroje esantis filtras. E-PERMTM detektoriaus sistema yra sukonstruota taip, jog santykinis jautris toronui - tik 15 proc.. Vienintelis turintis įtakos rezultatams elementas yra išorinės gama spinduliuotės sugertosios dozės galia.

Radono nulemta darbuotojų efektinė dozė E (mSv) vertinta naudojant kelias metodikas:

- vertinant darbuotojų apšvitą pagal *Lietuvos higienos normą HN 73:2018 Pagrindinės radiacinės saugos normas*, apšvita vertinama manant, kad per metus darbuotojas patalpoje praleidžia 2000 val. vidutinė metinė efektinė darbuotojų dozė nustatomai pagal 6 formulę (1, 14):

$$E = 6,16 \cdot 10^{-3} \cdot C_A, \quad (6)$$

čia: C_A – radono vidutinis tūrinis aktyvumas patalpoje, $Bq \cdot m^{-3}$, dozės matavimo vienetas – mSv.

- Naudojant *Radon Individual Dose Calculator* skaičiuoklę (laisva prieiga šiuo adresu: <http://www.wise-uranium.org/rdcn.html>) 6 pav. Pateiktas skaičiuoklės įvesties langas.

Radon-222 Input Data			
Number	Unit	Equilibrium Factor	Risk Factor
	<input checked="" type="radio"/> Bq/m ³ <input type="radio"/> pCi/l <input type="radio"/> MBqh/(m ³ a)	<input checked="" type="radio"/> indoors/work: 0.4 <input type="radio"/> outdoors: 0.6	0.0005 per WLM
	<input type="radio"/> Bq/m ³ EEC <input type="radio"/> pCi/l EEC <input type="radio"/> μJ/m ³ <input type="radio"/> nJ/m ³ <input type="radio"/> MeV/cm ³ <input type="radio"/> WL <input type="radio"/> WLM/a <input type="radio"/> mJh/(m ³ a) <input type="radio"/> MBqh/(m ³ a) EEC		
Occupancy and Dose Factor			
<input type="radio"/> worktime: 2000 h/year for 40 years, at worker's dose factor of 12 mSv/WLM			
<input checked="" type="radio"/> indoor occupancy: 80 % of year		for 70 years, at public's dose factor of 9 mSv/WLM	
<input type="radio"/> outdoor occupancy: 20 % of year			
<input type="radio"/> continuous			

[HELP](#)

6 pav. *Radon Individual Dose Calculator* skaičiuoklės įvesties langas (15)

Skaičiuoklė *Radon Individual Dose Calculator* leidžia įvertinti individualią apšvitą, kai yra žinomas ²²²Rn ir jo skilimo produktų tūrinis aktyvumas patalpoje. Vertinant apšvitą naudojami šie dydžiai (15):

- ²²²Rn tūrinis aktyvumas patalpos ore, Bq/m^3 ;
- *Pusiausvyros faktorius*, kuris gali būti apibrėžiamas taip:

$$F = (0,106 C_{Po-218} + 0,514 C_{Pb-214} + 0,380 C_{Bi-214})/C_{Rn-222} \quad (7)$$

čia: c_x – aktyvumo koncentracija atitinkamo radionuklido.

Skaičiavimuose naudota 0,4 vertė, kuri taikoma analizuojant vidaus patalpose esantį radono tūrinį aktyvumą ir jo poveikį žmogui.

- *Rizikos faktorius* (1/WLM (WLM – darbuotojo apšvitos lygis per mėnesį, t.y. per 170 darbo valandų)) – vertinant naudota ICRP (International Commission on Radiological protection) 2009m. pasiūlyta vertė visoms amžiaus grupėms, vertinant darbuotojų apšvitą dėl radono – t.y. $5 \cdot 10^{-4} WLM^{-1}$.
- *Užimtumo faktorius* – apibrėžia laiką per metus, kuriuo darbuotojas patyrė apšvitą dėl radono ir jo skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės. Skaičiavimuose naudota 7000 h/m.
- *Dozės faktorius* – pagal ICRP rekomendacijas statistinei darbuotojų kritinei grupei naudotina šio faktoriaus reikšmė yra – 9 mSv/WLM (16).

Rezultatai ir jų analizė

Atlikus tyrimus, nustatyta, jog vidutinis radono tūrinis aktyvumas darbo vietų patalpų ore yra 149 Bq/m^3 – paklaida ± 10 . Didžiausias tūrinis aktyvumas – 272 Bq/m^3 nustatytas Vilniaus g. 42 esančiose patalpose. Mažiausias – Padegsnio g. 1, Alantoje, čia užfiksuotas 9 Bq/m^3 su ± 1 paklaida. ^{222}Rn tūrinio aktyvumo rezultatai darbo vietų patalpų ore, esančių rūsiuose ir pusrūsiuose, pateikti 1 lentelėje. Tokius rezultatus galėjo nulemti tai, kad tyrimas atliktas karantino laikotarpiu, kai keliose vietose tyrimo metu nebuvo vykdoma veikla.

^{222}Rn tūrinio aktyvumo vertės tiriamuosiuose taškuose kito nuo $(9 \pm 1) \text{ Bq/m}^3$ iki $(272 \pm 17) \text{ Bq/m}^3$. Nors ^{222}Rn tūrinio aktyvumo nustatyta vidutinė vertė Molėtų rajone yra didesnė nei pateikta *Interaktyviajame Lietuvos radono žemėlapyje*, nei vidutinė, nei maksimali nustatytoji neviršija *Lietuvos higienos normoje HN 73:2018 Pagrindinės radiacinės saugos normos* nustatytų ribinių dydžių.

Vertinant darbuotojų patiriamą apšvitą dėl ^{222}Rn ir jo trumpaamžių skilimo produktų reikia atsižvelgti į šiuos pagrindinius veiksnius:

- kvėpavimo intensyvumą – pvz. vaikų kvėpavimo intensyvumas yra didesnis nei suaugusiųjų,
- poveikio trukmę – kuo daugiau laiko praleidžiama ^{222}Rn užterštoje patalpoje, tikėtina patirti didesnę apšvitą,
- amžiaus grupę – skirtingų kritinių gyventojų grupių atsparumas jonizuojančiosios spinduliuotės poveikiui yra skirtingas, ir kt. (17).

1 lentelė. ^{222}Rn tūrinio aktyvumo darbo vietų patalpų ore rezultatai

Tyrimo objektas	Veiklos pobūdis	Tūrinis aktyvumas, Bq/m^3	Paklaida
Jaunimo g. 1, Molėtai	Mokykla	36	2
Inturkės g. 6, Molėtai	Maitinimo įstaiga	66	4
Padegsnio g. 1, Alanta	Maisto prekių parduotuvė	9	1
Amatų g. 8, Molėtai	Buhalteris	260	17
Inturkės g. 51, Molėtai	Maitinimo įstaiga	218	14
Salos g. 3, Žalvariai	Maitinimo įstaiga	113	7
Sporto g. 64, Molėtai	Maitinimo įstaiga	224	14
Vilniaus g. 102, Molėtai	Veterinarijos klinika	160	11
Vilniaus g. 66, Molėtai	Baldų parduotuvė	220	14
Vilniaus g. 42, Molėtai	Drabužių parduotuvė	272	17
Rudesos g. 30, Molėtai	Drabužių parduotuvė	55	4
	Vidutinė	149	10

Vertinant darbuotojų apšvitą dėl ^{222}Rn skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės vidutinė metinė apšvita kito nuo $0,92 \text{ mSv/m}$ iki $1,70 \text{ mSv/m}$. Lyginant naudotų vidutinės efektinės darbuotojų dozės skaičiavimo būdus, galima pastebėti, kad mažiausiais efektinės dozės dydžiais gautas naudojant pagal *Lietuvos higienos normą HN 73:2018 Pagrindinės radiacinės saugos normos*. Vidutinės efektinės dozės vertinimui naudojant skaičiuoklę *Radon Individual Dose Calculator* gautos didžiausios vertės ir jos skiriasi net 1,8 kartų. Gautų apšvitos dozių vertinimo rezultatų skirtumą lėmė dozių

skaičiavimo metodikų naudojamos matematinės išraiškos ir rekomenduojami pasirinkti koeficientai (dozės konversijos faktorius, pusiausvyros faktorius) (17).

2 lentelė. Vidutinės efektinės dozės vertinimo rezultatai

Tyrimo objektas	Vidutinė efektinė dozė, mSv/m	
	Pagal HN 75	Naudojant skaičiuoklę <i>Radon Individual Dose Calculator</i>
Jaunimo g. 1, Molėtai	0,22	0,41
Inturkės g. 6, Molėtai	0,41	0,75
Padegsnio g. 1, Alanta	0,06	0,10
Amatų g. 8, Molėtai	1,60	2,94
Inturkės g. 51, Molėtai	1,34	2,46
Salos g. 3, Žalvariai	0,70	1,28
Sporto g. 64, Molėtai	1,38	2,53
Vilniaus g. 102, Molėtai	0,99	1,81
Vilniaus g. 66, Molėtai	1,36	2,49
Vilniaus g. 42, Molėtai	1,68	3,08
Rudesos g. 30, Molėtai	0,34	0,62
Vidutinė	0,92	1,70

Apibendrinant galima pasakyti, kad ^{222}Rn tūrinio aktyvumo darbo vietose, įrengtose pastatų rūsiuose vertės, bei vidutinė metinė darbuotojų efektinė apšvitos dozė nustatyta šio tyrimo metu yra didesnė nei nurodoma literatūros šaltiniuose. Norint įvertinti tiksliau, būtina atlikti didesnės apimties ir tikslumo ^{222}Rn tūrinio aktyvumo šiose darbo vietų patalpose tyrimą.

Išvados

1. Atlikus ^{222}Rn tūrinio aktyvumo darbo vietose, įrengtose pastatų rūsiuose tyrimą nustatyta, kad vidutinė šio radionuklido tūrinio aktyvumo patalpose (Molėtų r.) vertė yra $(149 \pm 10) \text{ Bq/m}^3$ – t.y. 1,7 karto didesnis dydis nei teigiama literatūroje.
2. Darbuotojų vidutinė metinė efektinė apšvita dėl ^{222}Rn skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės kinta nuo 0,92 mSv/m iki 1,70 mSv/m, priklausomai nuo pasirinkto apšvitos vertinimo būdo.
3. Mažiausios darbuotojų vidutinės metinės efektinės apšvitos vertės nustatytos naudojant pagal *Lietuvos higienos normą HN 73:2018 Pagrindinės radiacinės saugos normas* rekomenduojamą metodą, o didžiausios – naudojant skaičiuoklę *Radon Individual Dose Calculator*. Skirtumas tarp rezultatų, taikant šios metodus – 1,8 kartų.
4. Atsižvelgiant į gautus ^{222}Rn tūrinio aktyvumo darbo patalpose bei darbuotojų apšvitos vertinimo rezultatus, galima manyti, kad darbuotojų patiriama bendra gamtinės kilmės apšvita yra didesnė nei 0,92 mSv, nes vien dėl radono ir jo skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės patiriama vidutinė metinė efektinė apšvitos dozė yra 0,92 mSv.

Literatūra

1. Lietuvos sveikatos apsaugos ministro įsakymas dėl Lietuvos higienos normos HN 73:2018 „Pagrindinės radiacinės saugos normos“ patvirtinimo // Valstybės žinios. 2001, Nr. 663. Prieiga internetu: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.159355/asr> 2021-01-16.
2. Visuotinė lietuvių enciklopedija. Radonas. Prieiga internetu: radonas - Visuotinė lietuvių enciklopedija (vle.lt). 2021 03 23
3. World Health Organization. (2009). Who handbook on indoor radon a public health perspective. France: World Health Organization library.
4. Jasaitis D. (2007). Trumpaamžių radono skilimo produktų tūrinių aktyvumų patalpose tyrimas ir įvertinimas. Daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas.
5. Clavensio B., Akerblom G., Morkūnas G. (1999). Radonas patalpose. Vilnius: Litimo.

6. Morkunas G., Pilkytė L., Plyciuraitienė J., Akerblom G. B., Clavensjō B. (2002). Radonas patalpose. Jo kiekio mažinimo budai. Vilnius: Kriventa.
7. Radiacinės saugos centras (2015). Radiacinės saugos centro informacinis biuletėnis Nr. 19. Esamoji apšvitos situacija Lietuvoje ir Lietuvos gyventojų dabartiniu metu patiriama apšvita.
8. Interaktyvusis Lietuvos radono žemėlapis. Prieiga internetu: <https://rsclt.maps.arcgis.com/apps/opdashboard/index.html#/1a1efc9749af44afa34d9d1c43160332> 2021-01-15.
9. Morkūnas G. (2002). Radiacinė sauga? Tai labai paprasta. Vilnius: Kriventa.
10. Rad Elec Inc. Radon measurement systems. Prieiga internetu: https://www.radelec.com/faq_eperms.html 2021-03-27.
11. Molėtų rajono vietos veiklos grupė. VVG teritorijos situacijos ir gyventojų poreikių analizės aprašas. Prieiga internetu: <https://www.moletuvvg.lt/> 2021-04-01.
12. Geoportal.lt. Dirvožemio erdvių duomenų rinkinys. Prieiga internetu: https://www.geoportal.lt/arcgis/rest/services/NZT/DIRV_DR10LT-Granul_Dirv-Fere/MapServer 2021-04-01.
13. Kalinskaitė R., Pliopaitė Bataitienė I. (2014). ²²²Rn pasiskirstymo Utenos kolegijos patalpose tyrimas. 17-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“. Aplinkos inžinerija medžiaga. Vilnius: Technika, 71–76.
14. Morkūnas G. (2007). Radiacinė sauga ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymo technologijos. Vilnius, Technika.
15. Radon Individual Dose Calculator – help, prieiga per internetą: <http://www.wise-uranium.org/rdcnrh.html>, žiūrėta 2021 04 23.
16. Marsh, J.W. et al. (2010). Dose conversion factors for radon. Health Physics, Vol. 99, No. 4, 511-516.
17. Pliopaitė Bataitienė I., Kepalaitė I. (2016). ²²²Rn tūrinio aktyvumo patalpose ir jo nulemtos gyventojų apšvitos tyrimas Utenos rajone. 17-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“. Aplinkos inžinerija medžiaga. Vilnius: Technika, 151-157.

Padėka

Dėkojame Radiacinės saugos centro kolektyvui už metodinę ir praktinę pagalbą atliekant eksperimentinius ²²²Rn tūrinio aktyvumo darbo vietose, įrengtose pastatų rūsiuose tyrimus.

STUDY OF RADON CONTENT ACTIVITY IN WORKPLACES LOCATED IN BASEMENTS OF BUILDINGS

Gabija Uselytė, Ingrida Pliopaitė Bataitienė

*Utena University of Applied Sciences, Faculty of Business and Technology
Maironio str. 18, Utena*

Summary

Naturally occurring radioactive gases (²²²Rn) are colourless, odourless, heavier than air, emitting ionizing radiation. In Lithuania, the main sources of ²²²Rn are soil, water, construction materials. The amount of this inert gas in the indoor air depends on the ground air that enters the building through the ground, the foundation and thus accumulates in the basements and the first floors of the house. The average of radon volumetric activity in Lithuania is 64 Bq/m³. Exposure ionizing radiation increases the risk of oncological diseases. Objects in Molėtai district were selected for the research of ²²²Rn volumetric activity workplaces installed in the basements of buildings, as this district is attributed to the districts where the average Lithuanian ²²²Rn volumetric activity is higher. Volumetric activity concentrations in workplace premises were studied at 11 study points using E-PERMTM (Electret Passive Environmental Radon Monitor) electrodes. The values of ²²²Rn volumetric activity at the test points varied from (9 ± 1) Bq/m³ to (272 ± 17) Bq/m³. The determined average value of ²²²Rn volumetric activity is higher than that presented in the Interactive Map of Lithuanian Radon, but it does not exceed the limit values by HN 73: 2018 Basic Radiation Protection Standard. According to the determined values of volumetric activity, the exposure of workers due to ionizing radiation emitted by radon gas was calculated. The average annual effective exposure of workers due to the ionizing radiation emitted by ²²²Rn varies from 0.92 mSv/y to 1.70 mSv/y, depending on the chosen exposure assessment method.