



²²²Rn TŪRINIO AKTYVUMO PATALPOSE IR JO NULEMTOS GYVENTOJŲ APŠVITOS TYRIMAS UTENOS RAJONE

Ingrida Pliopaitė-Bataitienė¹, Ingrida Kepalaitė²

Utenos kolegija VTF Aplinkos apsaugos katedra
El. p.: ¹ingrida.p@gmail.com; ²ingridak03@gmail.com

Anotacija. Radonas – gamtinės kilmės radioaktyviosios inertinės dujos, kurios susidaro skylant ²³⁸U skilimo grandinės elementams. Radono ir jo skilimo produktų skleidžiama jonizuojančioji spinduliuotė gali turėti įtakos formuojantis onkologiniams susirgimams. Ypač jautrūs jonizuojančiosios spinduliuotės poveikiui vaikai, senyvo amžiaus žmonės. Pagrindinis radono šaltinis Lietuvoje – gruntas. Ypatingas dėmesys turėtų būti skiriamas šioms dujoms tuose regionuose, kur vyrauja laidūs dirvožemiai, tokie kaip smėlis, žvyras ir pan. Straipsnyje nagrinėjamas radono dujų kaupimasis individualių namų patalpose Utenos rajone, kuriame vyrauja laidūs gruntai, be to, vidutinė radono tūrinio aktyvumo vertė šiame regione pagal skirtingus literatūros šaltinius yra artima (40–60 Bq/m³) arba didesnė (95 Bq/m³) nei vidutinė Lietuvos (54 Bq/m³). Radono tūriniai aktyvumai, išmatuoti 14 namuose, pagal tyrimų rezultatus sudaryti ²²²Rn tūrinio aktyvumo patalpose, įvertinta gyventojų patiriama apšvita.

Reikšminiai žodžiai: ²²²Rn, jonizuojančioji spinduliuotė, tūrinis aktyvumas, taršos žemėlapis, patiriama apšvita.

Įvadas

Radonas (²²²Rn) – gamtinės kilmės radioaktyviosios inertinės dujos, kurios susidaro skylant ²³⁸U skilimo grandinės elementams. Jo pusėjimo trukmė – 3,28d, jis už orą sunkesnis 9 kartus, todėl linkęs kauptis žemesniuose patalpų aukštuose. Dėl radioaktyvaus skilimo patalpų ore atsiranda radono skilimo produktų, kurie skleidžia skirtingų rūšių jonizuojančiąją spinduliuotę (Morkūnas *ir kt.* 2009):

- ²¹⁸Po, ²¹⁴Po, ²¹⁰Po – α dalelės;
- ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi – β dalelės ir γ spinduliai;
- ²¹⁰Pb – α dalelės ir γ spinduliai;
- ²¹⁰Bi – β dalelės.

Įkvėptas radonas ar jo trumpaamžiai skilimo produktai nusėda ir suskyla žmogaus kvėpavimo takuose, skleidami jonizuojančiąją spinduliuotę. Pagrindinę įtaką žmogaus apšvitai turi: ²¹⁴Po, ²¹⁸Po, ²¹⁴Pb, ²¹⁴Bi. Radonas ir jo trumpaamžiai skilimo produktai atmosferos ore nulemia didžiąją dalį žmogaus patiriamos gamtinės apšvitos (Jasaitis 2007, Morkūnas *ir kt.* 2009, Unsear... 2000).

Radono šaltiniai gali būti įvairūs: statybinės medžiagos; gruntas; vanduo, dujos. Lietuvoje pagrindinis radono šaltinis yra gruntas – 62 %.

Priklausomai nuo grunto tipo yra skirtingi radono kiekiai dirvožemyje (1 lentelė). Lietuvoje radono grunto ore yra nuo 1 kBq/m³ iki 130 kBq/m³, (Morkūnas 2007; Strečkytė, Butkus 2013; Burian *et al.* 2011).

1 lentelė. ²²²Rn tūriniai aktyvumai kai kuriuose gruntuose (Morkūnas *ir kt.* 2009)

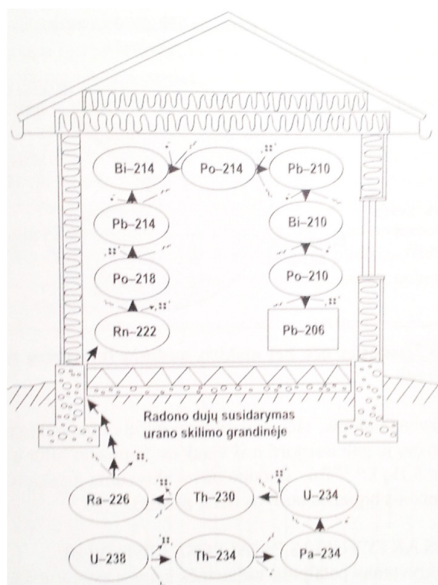
Grunto tipas	kBq/m ³
Moreninis priemolis	4–40
Žvyras ir stambus smėlis	10–150
Smėlis ir stambios nuosėdos	4–20
Molis	10–120

Žinant ²²²Rn tūrinį aktyvumą grunte bei grunto laidumą galima radono rizikos klasifikacija, kuri taikoma Čekijoje (2 lentelė).

2 lentelė. Radono rizikos klasifikacija (Morkūnas *ir kt.* 2009)

Rizikos laipsnis	Radono tūrinis aktyvumas grunto ore, kBq/m ³		
	Mažas grunto laidumas	Vidutinis grunto laidumas	Didelis grunto laidumas
Mažas	< 30	< 20	< 10
Vidutinis	30 – 100	20 – 70	10 – 30
Didelis	> 100	> 70	> 30

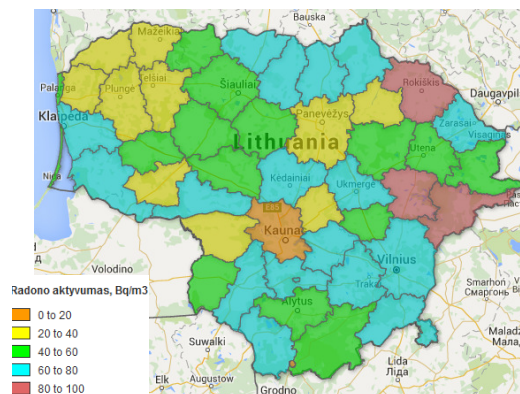
Radono dujos iš grunto patenka į patalpas pro pastato plyšius ir jame kaupiasi. Dėl pastato viduje esančio slėgio ir atmosferinio slėgio skirtumo – susidaro tam tikra trauka, kai pastato slėgis yra mažesnis nei atmosferinis – vyksta konvekcijos procesai (Jasaitis 2007). Radono patekimui į patalpas turi įtakos ne tik slėgių (lauko ir vidaus) skirtumas, bet ir temperatūrų (lauko ir vidaus) skirtumas, priverstinis vėdinimas, vėjo parametrai irgi gali turėti įtakos radono kaupimuisi pastate – pvz., vėjas gali lemti radono dujų tūrinio aktyvumo pastate mažėjimą dėl nupūtimo į namą supantį dirvožemį efekto (Unsear... 2000). Tačiau, jei pastatas stovi ant orui laidaus grunto, radonas kartu su dirvožemio dujine faze į pastatą gali patekti dėl atsiradusio temperatūrų (pastato vidaus ir išorės) skirtumo. (Clavensjo *ir kt.* 1999; Butkus *ir kt.* 2012). 1 pav. pateikiama radono dujų susidarymo grunte po pastatu ir radono skilimo produktų susidarymo pastate schema (Nedveckaitė 2004).



1 pav. Radono dujų susidarymo grunte po pastatu ir radono skilimo produktų susidarymo pastate schema (Nedveckaitė 2004)

Lietuvos teritorijoje radono tūrinis aktyvumas patalpose pradėtas tirti 1995 m. Pagal G. Morkūno ir bendraautorį darbe (Morkūnas *ir kt.* 2009) pateikiamus duomenis, Lietuvoje vidutinis tūrinis aktyvumas patalpose yra 55 Bq/m^3 – t. y. artimas pasauliniam radono tūrinio aktyvumo patalpose dydžiui ($30\text{--}40 \text{ Bq/m}^3$) (Unsear... 2000). Kitame darbe (European... 2011) teigiama, kad vidutinis Lietuvoje individualiuose namuose radono tūrinis aktyvumas siekia $70\text{--}75 \text{ Bq/m}^3$, o Europos šalių gyvenamosiose patalpose vidutinė radono tūrinio aktyvumo

vertė yra iki 100 Bq/m^3 . 2 pav. pateikiamos ²²²Rn tūrinio aktyvumo vertės visoje Lietuvoje (Lietuvos radono... 2015).



2 pav. Lietuvos radono žemėlapis (Lietuvos radono... 2015)

Pagal informacinio šaltinio (Lietuvos radono... 2015) duomenis matome, kad Švenčionių (91 Bq/m^3), Molėtų (87 Bq/m^3), Rokiškio (89 Bq/m^3) savivaldybėse radono vidutinis tūrinis aktyvumas yra didžiausiais. Tuo tarpu kitame šaltinyje (Morkūnas *ir kt.* 2009) tokių rajonų, kur radono vidutinis tūrinis aktyvumas yra artimas 90 Bq/m^3 , yra daugiau: Kretinga (101 Bq/m^3), Lazdijai (89 Bq/m^3), Prienai (99 Bq/m^3), Ukmergė (97 Bq/m^3), Utena (95 Bq/m^3).

Nors skirtinguose šaltiniuose vidutinis tūrinis aktyvumas yra nurodomas skirtingas, visgi abiejų šaltinių duomenys rodo, kad vidutiniškai Lietuvoje radono tūrinis aktyvumas patalpose neviršija normų – pagal *Lietuvos higienos normą HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* nauji gyvenamieji pastatai turi būti projektuojami ir statomi taip, kad vidutinis radono tūrinis aktyvumas gyvenamosiose patalpose nebūtų didesnis kaip 200 Bq/m^3 . Pastatuose, kurie pastatyti iki šios higienos normos įsigaliojimo termino, radono tūrinio aktyvumo vertė gali būti didesnė – 300 Bq/m^3 . Svarbu žinoti, kad ypač didelės radono tūrinio aktyvumo vertės gali susikaupti pastate, jei jis yra sandarus ir jame nėra pakankamo vėdinimo (Fronka *et al.* 2011; Jasaitis 2007).

Radono dujos ypatingą svarbą įgyja, įvertinus tai, kad jos gali sukelti vėžinius susirgimus. Norint įvertinti riziką sirgti tokiomis ligomis yra vertinama gyventojų apšvita. Kai kuriuose darbuose (Kievinas *ir kt.* 2012) teigiama, kad vidutinė Lietuvos gyventojų patiriama apšvita dėl radono ir jo skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės yra $1,03 \text{ mSv}$ per metus. Tokia apšvita sudaro 1/3 visos vidutinės Lietuvos gyventojų patiriamos metinės gamtinės apšvitos. Tokia apšvita

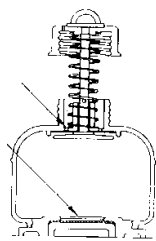
gali nulemti tai, kad 5 žmonės iš 100 000 per metus gali susirgti vėžiniais susirgimais.

Tyrimo tikslas – nustatyti Utenos rajono pastatuose ^{222}Rn tūrinio aktyvumo vertes ir įvertinti gyventojų patiriamą apšvitą dėl radono skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės.

Metodika

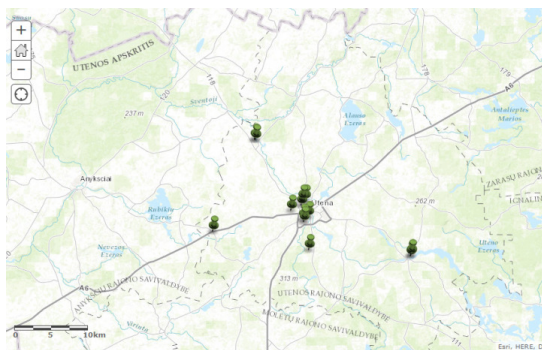
^{222}Rn tūrinio aktyvumo patalpose tyrimams pasirinktas Utenos rajonas, nes jis yra priskirtinas prie rajonų, kur yra didesnis ^{222}Rn tūrinis aktyvumas. Darbe (Clavensjo ir kt. 1999) nurodoma, kad vidutinišio radionuklido tūrinis aktyvumas Utenos rajone yra $(95 \pm 26) \text{ Bq/m}^3$ – t. y. 1,8 karto didesnis nei vidutinis Lietuvos. Tuo tarpu informaciniame šaltinyje (Lietuvos radono... 2015) teigiama, kad Utenoje vidutinis tūrinis radono aktyvumas patalpose yra 49 Bq/m^3 .

Radono tūrinis aktyvumas patalpose tirtas naudojant E-PERMTM (*Electret Passive Environmental Radon Monitor*) elektretai (3 pav.). Tyrimo įrenginį sudaro trys komponentai: įelektrintas teflono diskas; jonų kamera, pagaminta iš elektrai laidžios plastmasės; disko paviršiaus potencialo tyrimo prietaisais.



3 pav. Tyrimui naudotas elektretas su teflono disku: kameros įėjimas atidarytas, viršutinė rodyklė rodo filtrą, o apatinė – teflono diską (Morkūnas ir kt. 2002)

^{222}Rn aktyvumo koncentracijos patalpose tyrimas atliktas Utenos rajono gyvenamuosiuose namuose, 14 tyrimo taškų, jų išsidėstymas pateikiamas 4 pav.



4 pav. Tiriamųjų vietų išsidėstymas

Tiriamuosiuose taškuose pagal dirvožemio granulimetrinę sudėtį dažniausiai paplitęs smėlingas lengvas priemolis (Vyžuonų, Pačkėnų kaimų, Taikos g., Tulpių g., Grybelių sodų bendrijos (Utena) bei Stučių g. (Tauragnai) taškuose), Joneliškio g. (Utena) taške durpė, pereinanti į birų smėlį, birus smėlis taip pat yra Sodų bendrijos „Draugystė“, Aukštakalnio g. bei Naujasodžio g. (Utena) taškuose, Nacionalinio parko g., Tauragnai taške – rišlus smėlis, Leliūnų taške yra smėlingas sunkus priemolis (Lietuvos Respublikos teritorijos... 2015). Didžiojoje dalyje matavimo vietų vyrauja laidūs gruntai.

Elektretai dedami tokiose vietose, kurios yra reprezentatyviausios radono aktyvumo koncentracijos ir klimatinės sąlygų patalpose atžvilgiu. Atstumas nuo sienos turi būti ne mažesnis kaip 25 cm, iki šildymo prietaisų ir vėdinimo angų – 1, 5 m (Kalinskaitė, Pliopaitė-Bataitienė 2014).

Tyrimai atlikti nuolat naudojamose patalpose pirmajame aukšte. Matavimams pasirinktos vietos, kur gyventojai praleidžia daugiausiai laiko.

Radono matuokliai tiriamuosiuose objektuose buvo eksponuojami ne mažiau kaip 22 dienas. 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/m^3) apskaičiuojama pagal formulę (Kalinskaitė, Pliopaitė-Bataitienė 2014):

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

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 kamrai ir trumpalaikio tyrimo elektretui kalibravimo koeficientas lygus:

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

"S" tipo kamrai su ilgalaikio tyrimo elektretu 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, kuria naudojantis gauti rezultatai koreguojami atsižvelgiant į lygiavertės gama dozės galią H , kuri matuojama $\text{nSv} \cdot \text{h}^{-1}$.

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

Sisteminę tyrimo paklaidą sudaro paklaidos, susijusios 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 sisteminę paklaidą lygi:

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

Jonų kameros įėjime yra filtras, todėl rezultatams įtakos neturi aerozolio dalelių ir jonų, esančių patalpoje, tipas ir koncentracija. Kamera pagaminta iš laidžios plastmasės, todėl tyrimų rezultatams neturi įtakos ir elektriniai laukai. E-PERMTM sistema yra sukonstruota taip, kad jos santykinis jautris toronui yra tik 15 %, todėl jokios žymesnės įtakos toronas, esantis patalpoje, radono tūrinio aktyvumo tyrimų rezultatams neturi. Vienintelis išorinis veiksnys, turintis įtakos gautiems rezultatams, yra išorinės gama spinduliuotės lygiavertės gama dozės galia.

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

- vertinant gyventojų apšvitą pagal *Lietuvos higienos normą HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos*, apšvita vertinama manant, kad per metus gyventojas patalpoje praleidžia 7000 val. vidutinė metinė efektinė gyventojų dozė nustatoma pagal 6 formulę (Urbelis ir kt. 2005; Morkūnas 2007; Higienos... 2011):

$$E = 1,72 \cdot 10^{-2} \cdot C_A, \quad (6)$$

čia: C_A – radono vidutinis tūrinis aktyvumas patalpoje, Bq/m^3 , dozės matavimo vienetas – mSv.

- Pagal darbe (Unsear... 2000) siūlomą metodiką vertinant vidutinę metinę gyventojų apšvitą naudota 7 formulė:

$$AED = DCF \cdot C_{Rn} \cdot F \cdot \tau, \quad (7)$$

čia: AED – metinė efektinė dozė, (mSv/m.), C_{Rn} – radono vidutinis tūrinis aktyvumas patalpoje, Bq/m^3 , DCF – dozės konversijos faktorius, naudota vertė $9 \cdot 10^{-9} \text{ Sv} \cdot (\text{Bq} \cdot \text{h} \cdot \text{m}^{-3})^{-1}$, F – pusiausvyros faktorius, naudota vertė – 0,4, τ – užimtumo faktorius, naudota vertė – 7000 h/m.

– Naudojant *Radon Individual Dose Calculator* skaičiuoklę (laisva prieiga šiuo adresu:

<http://www.wise-uranium.org/rdcn.html>) 5 paveiksle pateiktas skaičiuoklės įvesties langas.

5 pav. *Radon Individual Dose Calculator* skaičiuoklės įvesties langas (Radon...2016)

Skaičiuoklė *Radon Individual Dose Calculator* leidžia įvertinti individualią apšvitą, kai yra žinomas ^{222}Rn ir jo skilimo produktų tūrinis aktyvumas patalpoje. Vertinant apšvitą naudojami šie dydžiai (Radon... 2016):

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

$$F = (0,106 c_{\text{Po-218}} + 0,514 c_{\text{Pb-214}} + 0,380 c_{\text{Bi-214}}) / c_{\text{Rn-222}}, \quad (8)$$

čia: c_x – atitinkamo radionuklido. aktyvumo koncentracija.

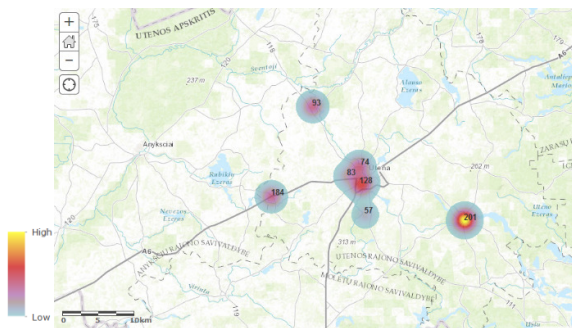
Skaičiavimuose naudota 0,4 vertė, kuri taikoma analizuojant vidaus patalpose esantį radono tūrinį aktyvumą ir jo poveikį žmogui.

- Rizikos faktorius ($1/\text{WLM}$ (WLM – darbuotojo apšvitos lygis per mėnesį, t. y. per 170 darbo valandų)) – vertinant naudota ICRP (International Commission on Radiological protection) 2009 m. pasiūlyta vertė visoms amžiaus grupėms, vertinant gyventojų apšvitą dėl radono – t. y. $5 \cdot 10^{-4} \text{ WLM}^{-1}$.
- Užimtumo faktorius – apibrėžia laiką per metus, kuriuo gyventojas patyrė apšvitą dėl radono ir jo skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės. Skaičiavimuose naudota 7000 h/m.
- Dozės faktorius – pagal ICRP rekomendacijas statistinei gyventojų kritinei grupei naudotina šio faktoriaus reikšmė yra – 9 mSv/WLM (Marsh et al. 2010).

^{222}Rn tūrinio aktyvumo tyrimų rezultatai pateikti naudojant programinę įrangą *ArcGis*.

Rezultatai ir jų analizė

²²²Rn tūrinio aktyvumo patalpose Utenos rajone tyrimų metu nustatytas vidutinis šio radionuklido tūrinis aktyvumas yra (125 ± 4) Bq/m³ – t. y. 2,6 karto didesnis nei teigiama (Lietuvos radono...2015) šaltinyje ir 1,3 karto didesnis nei teigiama (Morkūnas ir kt. 2009). 6 pav. pateikiami ²²²Rn tūrinio aktyvumo patalpose Utenos rajone tyrimų rezultatai. Tokius rezultatus galėjo nulemti tai, kad tyrimas atliktas individualiuose namuose, neįtraukiant į tyrimo imtį daugiabučių, kuriuose ²²²Rn tūrinio aktyvumo vertė dažniausiai yra mažesnė, be to galėjo turėti įtakos ir tiriamosios imties dydis.



6 pav. ²²²Rn tūrinis aktyvumas patalpose Utenos r.

²²²Rn tūrinio aktyvumo vertės tiriamuosiuose taškuose kito nuo (22 ± 1) Bq/m³ iki (295 ± 10) Bq/m³. Nors ²²²Rn tūrinio aktyvumo nustatyta vidutinė vertė Utenos rajone yra didesnė nei literatūroje minima, nei vidutinė, nei maksimali nustatytoji neviršija *Lietuvos higienos normos HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* nustatytų ribinių dydžių.

Vertinant gyventojų patiriamą apšvitą dėl ²²²Rn ir jo trumpaamžių skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės reikia atsižvelgti į įvairius veiksnius:

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

3 lentelėje pateikiami gyventojų vidutinės efektinės dozės vertinimo rezultatai.

Vertinant Utenos rajono gyventojų apšvitą dėl ²²²Rn skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės vidutinė

3 lentelė. Utenos r. gyventojų vidutinės efektinės dozės vertinimo rezultatai

Tiriamasis taškas	Vidutinė efektinė dozė, mSv/m		
	Pagal HN 85	Pagal darbe (Unsear... 2000) siūlomą metodiką	Naudojant skaičiuoklę <i>Radon Individual Dose Calculator</i>
S. Dariaus ir S. Girėno g. 84	1,7	2,5	3,9
Varnaraistis	1,1	1,6	2,5
Taikos g. 78	0,4	0,6	0,9
Joniškėlio g. 10	1,3	1,9	2,9
Ežero g. 11	1,0	1,4	2,3
Tulpių g. 8	1,9	2,7	4,3
Naujasodžio g. 83	1,8	2,6	4,2
Kauno g. 14, Leliūnai	3,2	4,6	7,3
Sb Draugystė	2,2	3,2	5,1
Grybelių sodai	1,3	2,1	3,3
Nacionalinio parko g. 9	5,1	7,5	11,7
Stučių g. 17A, Tauragnai	3,5	5,1	7,9
Aukštakalnio g. 14	1,3	1,	2,9
S. Dariaus ir S. Girėno g. 80	1,6	2,3	3,7
Vidutinė	2,2	3,2	4,5

metinė apšvita kito nuo 2,2 mSv/m iki 4,5 mSv/m. Lyginant naudotus vidutinės efektinės gyventojų dozės skaičiavimo būdus, galima pastebėti, kad mažiausiais efektinės dozės dydžiais gautas naudojant *Lietuvos higienos normos HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* rekomenduojamą metodą vertinti gyventojų apšvitai. Pagal darbe (Unsear... 2000) siūlomą metodiką įvertinus gyventojų vidutinę metinę efektinę dozę gautos vertės vidutiniškai yra 31 % didesnės nei taikant *HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* rekomenduojamą metodą. Vidutinės efektinės dozės vertinimui naudojant skaičiuoklę *Radon Individual Dose Calculator* gautos didžiausios vertės ir jos nuo verčių, gautų naudojant *HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* rekomenduojamą metodą, skiriasi net 51 %. Gautų apšvitos dozių vertinimo rezultatų skirtumą lėmė dozių skaičiavimo metodiką naudojamos matematinės išraiškos ir rekomenduojami pasirinkti koeficientai (dozės konversijos faktorius, pusiausvyros faktorius).

Pagal informaciniuose darbuose (Kievinas ir kt. 2012; Gyventojų... 2016) pateiktus duomenis, vidutinė Lietuvos gyventojų patiriama apšvita dėl radono ir jo skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės yra 1,0–1,03 mSv per metus – t. y. 1,7–3,5 karto mažesnė, nei įvertinta pagal eksperimentinius duomenis skaičiuojant įvairiomis metodikomis.

T. Nedveckaitės darbe (2004) minima, kad vidutinė metinė pasaulinė žmonių efektinė gamtinės kilmės apšvitos dozė yra 2,4 mSv. Tokią apšvitą patiria ir Lietuvos gyventojai (Morkūnas ir kt. 2009). Analizuojant vidutinės efektinės gyventojų Utenos rajone dozės vertes galima manyti, kad jų patiriama bendra gamtinės kilmės apšvita yra didesnė nei 2,4 mSv, nes vien dėl radono ir jo skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės patiriama vidutinė metinė efektinė apšvitos dozė yra 2,2 mSv (skaičiuojant pagal *HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* rekomenduojamą metodą).

Apibendrinant galima pasakyti, kad tiek ^{222}Rn tūrinio aktyvumo patalpose vertės, tiek vidutinė metinė gyventojų efektinė apšvitos dozė, nustatyta šio tyrimo metu, yra didesnė, nei nurodoma literatūros šaltiniuose, tačiau norint įvertinti tiksliau, būtina atlikti didesnės apimties ^{222}Rn tūrinio aktyvumo patalpose Utenos rajono pastatuose tyrimą.

Išvados

1. Atlikus ^{222}Rn tūrinio aktyvumo patalpose tyrimą nustatyta, kad vidutinė šio radionuklido tūrinio aktyvumo patalpose (Utenos r.) vertė yra $(125 \pm 4) \text{ Bq/m}^3$ – o tai yra 1,3–2,6 karto didesnis dydis, nei teigiama literatūroje.

2. Utenos rajono gyventojų vidutinė metinė efektinė apšvita dėl ^{222}Rn skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės kinta nuo 2,2 mSv/m iki 4,5 mSv/m, priklausomai nuo pasirinkto apšvitos vertinimo būdo.

3. Mažiausios gyventojų vidutinės metinės efektinės apšvitos vertės nustatytos naudojant *HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* rekomenduojamą metodą, o didžiausios – naudojant skaičiuoklę *Radon Individual Dose Calculator*. Skirtumas tarp rezultatų, taikant šiuos metodus – 51 %.

4. Atsižvelgiant į gautus ^{222}Rn tūrinio aktyvumo patalpose bei gyventojų apšvitos vertinimo rezultatus, galima manyti, kad Utenos rajono gyventojų patiriama bendra gamtinės kilmės apšvita yra didesnė nei 2,4 mSv, nes vien dėl radono ir jo skilimo produktų skleidžiamos jonizuojančiosios spinduliuotės patiriama vidutinė metinė efektinė apšvitos dozė yra 2,2 mSv (skaičiuojant pagal *HN 85:2011 Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos* rekomenduojamą metodą).

Literatūra

Burian, I.; Otahal, P.; Vosahlik, J.; Pilecka, E. 2011. Czech Primary Radon Measurement Equipment, *Radiation Protection Dosimetry* 145(2–3): 333–336.
<http://dx.doi.org/10.1093/rpd/ncr041>

Butkus, D.; Gagiškis, A.; Streckytė, E.; Grubliauskas, R. 2012. The measuring of radon volumetric activity and exhalation rate in ground-level air, *Journal of radioanalytical and nuclear chemistry* 295(2): 1085–1092.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10967-012-1922-8>

Clavensio, B.; Akerblom, G.; Morkūnas, G. 1999. *Radonas patalpose*. Vilnius: Litimo, 126.

European Indoor Radon map. 2011 [žiūrėta 2015-12-20]. Prieiga per internetą: http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/european-indoor-radon-map-december-2011/indoor-radon_3.eps/image_original

Fronka, A.; Jilek, K.; Moucka, L.; Brabec, M. 2011. Significance of independent radon entry rate and air exchange rate assessment for the Purpose of radon mitigation effectiveness proper evaluation: case studies, *Radiation Protection Dosimetry* 145(2–3): 133–137.

Gyventojų apšvita ir radiacinė sauga [žiūrėta 2016-01-15]. Prieiga per internetą: <http://www.rsc.lt/index.php/pageid/746/print/1>

Jasaitis, D. 2007. *Trumpaamžių radono skilimo produktų tūrinių aktyvumų patalpose tyrimas ir įvertinimas*: daktaro disertacija. Vilnius: Technika, 131.

Kalinskaitė, R.; Pliopaitė-Bataitienė, I. 2014. ^{222}Rn pasiskirstymo Utenos kolegijos patalpose tyrimas, iš *17-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*. Aplinkos inžinerija medžiaga. Vilnius: Technika, 71–76.

Kievinas, R.; Ladygienė, R.; Pilkytė, L. 2012. Investigation of exposure and cancer risk due to indoor radon within Lithuanian radon mapping. Visuomenės sveikata. Priedas Nr. 2: 10–13.

Lietuvos radono žemėlapis. 2015. RSC [interaktyvus], [žiūrėta 2015-11-16]. Prieiga per internetą: <https://www.google.com/fusiontables/DataSource?docid=1P7K8vwd6khGs6R9fdCrnJqKulzYk3DBvnbh2bslu#map:id=3>

Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2011 m. spalio 7 d. Įsakymas Nr. V-890 „Lietuvos higienos norma HN 85:2011 „Gamtinė apšvita. Radiacinės saugos normos“ [interaktyvus], [žiūrėta 2015-12-10]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F35A3A89DCF7>

Lietuvos Respublikos teritorijos M 1:10 000 dirvožemio erdviųjų duomenų rinkinys [interaktyvus], [žiūrėta 2015-12-10]. Prieiga per internetą: <https://www.geoportal.lt/map/#>

Marsh, J. W. et al. 2010. Dosecon version factors for radon, *Health Physics* 99(4): 511–516.

Morkūnas, G. 2007. *Radiacinė sauga ir radioaktyviųjų atliekų tvarkymo technologijos*. Vilnius: Technika. 215 p.
<http://dx.doi.org/10.3846/964-S>

Morkūnas, G.; Pilkytė, L.; Ladygienė, R.; Gričienė, B. 2009. *Radonas ir gamtinė apšvita*. Vilnius: Kriventa. 119 p.

Morkūnas, G.; Pilkytė, L.; Plyciuraitienė, P.; Plyciene, J.; Akerblom, G.; B. Clavensjö, B. 2002. *Radonas patalpose. Jo kiekio mažinimo būdai*. Vilnius: Kriventa. 12 p.

Nedveckaitė, T. 2004. *Radiacinė sauga Lietuvoje*. Vilnius: Kriventa. 239 p.

Radon Individual Dose Calculator – help [žiūrėta 2016 01 15]. Prieiga per internetą: <http://www.wise-uranium.org/rdrn.html>

Streckytė, E.; Butkus, D. 2013. Radono pernašos iš dirvožemio į patalpas matavimo ir modeliavimo rezultatai, *Mokslas – Lietuvos ateitis. Science – Future of Lithuania* 5(4): 388–396.
<http://dx.doi.org/10.3846/mla.2013.62>

Unsear (United Nations Committee on Effects of Atomic Radiation). 2000. Sources and effects of ionising radiation. Annex B: Exposures from natural radiation sources. NY: United Nations Sales Publication, 156.

Padėka

Dėkojame Radiacinės saugos centro kolektyvui už metodinę ir praktinę pagalbą atliekant eksperimentinius ^{222}Rn tūrinio aktyvumo patalpose tyrimus.

INVESTIGATION OF ^{222}Rn ACTIVITY CONCENTRATION AND RADIATION EXPOSURE CAUSED BY RADON IN THE UTENA DISTRICT

I. Pliopaitė-Bataitienė, I. Kepalaitė

Summary

Radon is a radioactive, noble gas, occurring naturally as decay of the uranium chain. The radioactive gas radon decays and produces new radioactive elements called radon daughters or decay products and their ionising radiation may affect the formation of oncological diseases. Children and elderly people are particularly susceptible to the effects of ionizing radiation. The main source of radon in Lithuania is soil. Particular attention should be paid to these gases in those regions where permeable soils, such as sand, gravel etc. prevail. In this article, the indoor radon in the Utena district is analysed. In this district, the dominant soil is permeable and the mean activity concentration of indoor radon is about 40–60 Bq/m³ or greater (95 Bq/m³) compared to the average concentration of Lithuania (54 Bq/m³). Indoor radon activity concentration was measured in 14 houses. The indoor radon activity concentration was estimated and the annual effective dose received by persons living in those houses was calculated.

Keywords: ^{222}Rn , ionising radiation, activity concentration, map of pollution, irradiation.