

RADIONUKLIDŲ PERNAŠOS FAKTORIŲ IŠ DIRVOŽEMIO  
Į VAISMEDŽIŲ SANDUS TYRIMASDorita Brogaitė<sup>1</sup>, Donatas Butkus<sup>2</sup>, Ingrida Pliopaitė-Bataitienė<sup>3</sup>Vilniaus Gedimino technikos universitetas  
El. paštas: <sup>1</sup>b.dorita@gmail.com; <sup>3</sup>ingrida@vgtu.lt

**Santrauka.** Nagrinėjama radionuklidų <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th pernaša iš po vaismedžių esančio dirvožemio į tiriamojo vaismedžio sandus. Tirti pasirinkti 3 vaismedžiai iš dviejų skirtingų augimviečių. Pirmoji augimvietė buvo Ukmergės rajonas, Jogvilų k., kurioje tirtas dirvožemis ir obels sandai. Antroji augimvietė – Visagino sen., Kalviškių k., kurioje nagrinėta radionuklidų pernaša iš dirvožemio į kriaušės ir obels sandus. Aptariama dirvožemio ir vaismedžio sandų paruošimo radiometriniam tyrimui metodika. Pateikta pernašos faktorių vertinimo metodika. Analizuojami gauti pernašos faktorių tyrimo rezultatai. Išnagrinėjus rezultatus gauti <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th pernašos dėsniniai, priklausomai nuo vaismedžio rūšies ir nuo nagrinėjamo sando. Gauta, kad kriaušės vaismedis visus tris nagrinėtus radionuklidus kaupia labiau, lyginant su obelėmis. Įvertinus radionuklidų pernašą į atskirus vaismedžių sandus nustatyta, kad <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th mažiausiai kaupia vaismedžių vaisiai, labiausiai – žievė, lapai, šaknis.

**Reikšminiai žodžiai:** pernašos faktorius (*PF*), vaismedis, radionuklidai, <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K, <sup>232</sup>Th.

## Įvadas

Radionuklidų jonizuojančioji spinduliuotė veikia aplinką ir jos komponentus. Sumedėję augalai tarsi filtrai surenka radionuklidus iš atmosferos. Į dirvožemį radionuklidai patenka ne tik iš atmosferos, bet ir nuo medžių nuplauti kritulių, su teršalais nubyrėję nuo lajos. Dirvožemyje dėl difuzijos ir konvekcinių pernašos radionuklidai migruoja. Galima tiek vertikalią, tiek horizontalią radionuklidų pernašą. Pasiekę šaknis, radionuklidai per jas patenka į augalus (Butkus, Pliopaitė-Bataitienė 2006).

Radionuklidai patenka į medį dviem būdais: tiesiogiai iš oro ir per dirvožemį: per išorę – lapus, žievę, šakas, per požeminę dalį – smulkiąsias ir storąsias šaknis.

Radionuklidai, prieš patekdam iš oro į dirvožemį, nusėda ant augalų, paskui patenka į dirvą ir joje migruoja, vėliau dalis jų per šaknis vėl patenka į augalus (Arapis *et al.* 1997).

Sumedėjusiame augale radionuklidų kaupimosi sparta priklauso nuo augalo brandos (amžiaus), augimo sąlygų, radioaktyviosios užtaršos. Žinomi du pagrindiniai užtaršos radionuklidais etapai: branduolinio ginklo bandymų ir Černobylio atominės elektrinės katastrofos laikotarpiai. Šiais laikotarpiais kito ir radionuklidų kaupimasis augaluose. Be to, radionuklidų pernašos iš dirvožemio į medį koeficientas priklauso ir nuo medžio biomasės augimo spartos (Butkus, Pliopaitė-Bataitienė 2006).

Vienas iš reikšmingiausių vaismedžių komponentų, veikiančių radionuklidų patekimą ir kaupimąsi jų sanduose, yra lapija (laja). Nuo lajos gausumo, lapų dydžio ir formos

priklauso radionuklidų kiekis, pateksiantis iš atmosferos į vaismedžio sandus (Madoz-Escande *et al.* 2009).

Daugiamečiai vaismedžiai neformuoja ilgalaikės lajos. Lapai kas sezoną numetami. Tačiau tokių augalų formuojama laja yra gana didelė, gausi ir yra apskritos kepurės formos. Radionuklidų patekimas ir migracija per vaismedžių lapiją visame vaismedyje gali būti tiek vertikali, tiek horizontali (Gommers *et al.* 2000). Veiksniai, nuo kurių priklauso vaismedžio lapų kiekis ir lapijos plotas, yra gana daug: klimatinės sąlygos, sodinukų rūšis, šaknų kiekis, medžio amžius, aplinkos sąlygos, derliaus kiekis, priežiūra, genėjimas, laistymas ir tręšimas (Tikhomirov *et al.* 1990). Radioaktyviųjų medžiagų patekimą į vaismedžių sandus veikia vaismedyje esančio vandens kiekis, vyraujanti drėgmė. Vandens pasisavinimas vaismedyje priklauso nuo kritulių, labiausiai tai lemia pavieniai lietūs (Mcgee *et al.* 2000). Tirpius radionuklidus vaismedžiai gali kaupti lapuose, žieduose ir šakose. Žieduose ir lapuose jie kaupiami panašiai. Kamieno žievė ir šakos yra mažiau pralaidūs radioaktyviajai taršai (Von Fireks *et al.* 2002).

Radionuklidų patekimas iš atmosferos į vaismedžio vaisius priklauso nuo keleto procesų. Tai:

- tiesioginis nusėdimas ant neapsaugoto vaisiaus paviršiaus, per kurio odą radionuklidai patenka į vidų;
- tiesioginis radionuklidų patekimas ant vaismedžio paviršiaus, prasiskverbimas į vaismedžio sandus ir migracija į vaisius;

- radionuklidų remigracija iš nukritusių lapų į žiemojančio daugiamečio vaismedžio organus, kuriam augant jie pasiskirsto po visus komponentus;
- radionuklidų patekimas iš dirvožemio vertikaliomis migracijos būdu per augalo šaknis iki vaisių (Mitchell 2001).

Vertinant, kaip dirbtinės kilmės radionuklidai pasiskirsto sumedėjusių augalų sanduose, pagal (Malek *et al.* 2002) autorius, sumedėję augalai dirbtinės kilmės radionuklidą  $^{137}\text{Cs}$  pasisavina vidutiniškai: per šaknis 82 proc., per lapų paviršių 12 proc., o per kitas augalo dalis 6 proc. Medžių žievėje dirbtinės kilmės radionuklido nustatoma du kartus daugiau nei medienoje, o užtaršos dydis priklauso nuo augalo rūšies ir užtaršos tankio tame regione. Radionuklidai kaip ir kitos medžiagos yra skirtingai pasiskirstę pagal medžių kamieno aukštį, o tai labiau priklauso nuo meteorologinių sąlygų ir sezoniškumo. Radionuklidų kiekis kamienoje pagal aukštį kinta nuo 30 iki 70 proc. Iš dirbtinės kilmės radionuklidų augalai geriausiai pasisavina  $^{137}\text{Cs}$ . Po iškritų praėjus keleriems metams dirbtinės kilmės radionuklido  $^{137}\text{Cs}$  pasisavinimas į medį pradeda mažėti ir tik praėjus 9–15 metų po iškritų, augalai pradeda radionuklidą įsisavinti per šaknis (Fesenko *et al.* 2005).

Pagal vaismedžių vaisių vystymosi etapus didžiausios radionuklidų kaupimo eksperimentinės vertės yra nuo vaisiaus užsimezgimo iki sirpimo pradžios, nes šiuo periodu vyksta aktyviausias fotosintezės produktų pasisavinimas iš lapijos. Radionuklidų koncentracija vaisiuose gali mažėti arba didėti, priklausomai nuo augimo periodo. Tai priklauso nuo augimo periodu esančių klimatinių sąlygų, labiausiai nuo drėgmės. Sausuoju periodu radionuklidų koncentracija vaisiuje sumažėja. Taip pat radionuklidų koncentracijai vaisiuose turi įtakos vaismedžio derlingumas: kuo daugiau vaisių subrandinama, tuo jų užtarša radioaktyviosiomis medžiagomis yra mažesnė (Carini, Bengtsson 2001).

$^{137}\text{Cs}$  kaupimąsi vaismedžiuose yra nagrinėję keltas užsienio autorių. M. S. Bovardas ir kt. bei F. Carini ir kt. nustatė pernašos faktorius iš dirvožemio į vynuoges. L. Delmas ir kt. bei M. Antonopoulos-Damis ir kt. atliko radionuklidų pernašos iš dirvožemio į obuolius ir abrikosus tyrimą ir nustatė  $^{137}\text{Cs}$  pernašos faktorius iš dirvožemio į vyšnių, obuolių ir persikų lapus po Černobylio avarijos. Gauti pernašos faktoriai vyravo nuo 0,009 iki 0,036 ( $PF$ , skaičiuota kaip  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ , tenkantis sauso dirvožemio  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Šie autoriai priėjo išvadą, kad pernašos faktorių reikšmės labiausiai priklauso nuo augalo rūšies ir nuo augimvietės ypatybių (Al-Oudat *et al.* 2006).

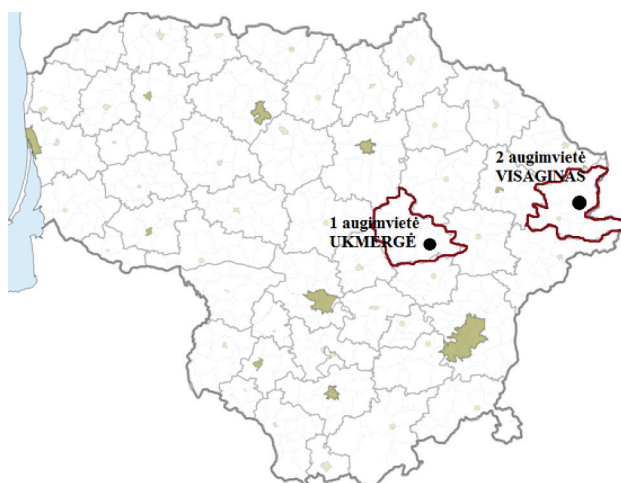
Informacijos apie radionuklidų migraciją ir kaupimąsi sistemoje dirvožemis–augalas yra pakankamai. Gana plačiai

išnagrinėta spygliuočių ir lapuočių medžių užtarša jonizuojančiąja spinduliuote. Tačiau informacijos apie radionuklidų migraciją sistemoje dirvožemis–vaismedis nėra daug. Todėl svarbu nustatyti pernašos faktorių kaitą iš augimvietės dirvožemio į skirtingus vaismedžio sandus.

Tyrimų tikslas – nustatyti  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  ir  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktorius iš dirvožemio į vaismedžių sandus.

## Metodika

Radionuklidų pernašai iš dirvožemio į vaismedžių sandus vertinti buvo pasirinkta tirti tris vaismedžius iš dviejų skirtingų vietovių. Tyrimams buvo naudojami dviejų obelių ir kriaušės dirvožemio po vaismedžiais ir vaismedžių sandų ėminiai. 1 pav. pateiktos tirtųjų vaismedžių augimvietės. Pirmoji augimvietė buvo vidurio Lietuvos regione (Ukmergės r. Jogvilų k.), antroji – rytinėje šalies pusėje (Visagino sen., Kalviškių k.), nutolusi maždaug 10 km nuo Ignalinos atominės elektrinės pietvakarių kryptimi IAE atžvilgiu.



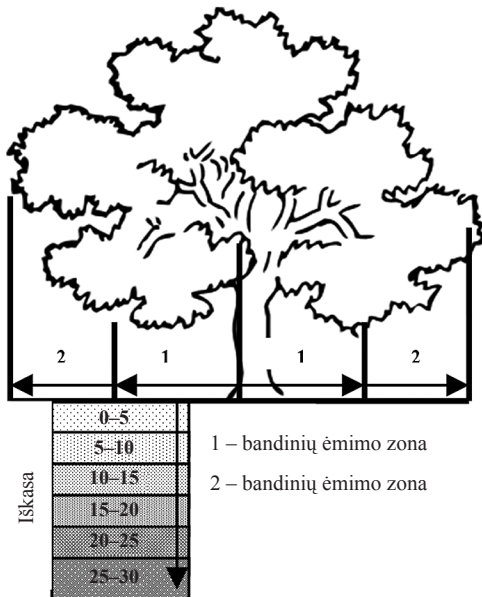
1 pav. Vaismedžių augimvietės

Fig. 1. The production area of fruit trees

Iš pirmosios augimvietės buvo pasirinkta tirti obels vaismedžio sandus (obuolius, lapus, žievę, pumpurus, medieną, šaknis) ir dirvožemį po vaismedžiu 0–30 cm gylyje. Antroje augimvietėje paimti kriaušės (vaisiai, lapai, žievė, mediena) ir obels (vaisiai, mediena) sandų ėminiai bei tirtas dirvožemis po vaismedžiais.

Dirvožemio po vaismedžiais ėminių paėmimo schema pateikta 2 paveiksle. Ėminiai pagal vertikalųjį profilį, atsižvelgiant į teritorijoje vyraujančių vėjų kryptį, buvo imti ties pietvakarine medžio lajos dalimi 0–30 cm gylyje, darant iškasą kas 5 cm, 1 m atstumu nuo tiriamo vaismedžio kamieno. Siekta, kad paviršius toje vietoje būtų horizontalus, o dirvos struktūra nepažeista. Vertikaliam  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ir  $^{40}\text{K}$

pasiskirstymui tirti iš kiekvienos augimvietės dirvožemyje po vaismedžiais buvo paimta po 6 dirvožemio ėminių. Dirvožemio ėminiams imti naudotas 170 mm skersmens ir 50 mm aukščio metalinis žiedas. Jis buvo įkalamas į žemę, kuri iš apačios atkertama kastuvu.



2 pav. Dirvožemio po vaismedžiu ėminių paėmimo schema  
Fig. 2. A scheme of the samples of soil under trees

Paimti dirvožemio bandiniai buvo vežami į laboratoriją polietileniniuose maišeliuose, jų turinys persijojamas, paskui dirvožemis džiovinamas 105 °C temperatūroje. Išdžiovintas dirvožemis pasveriamas ir deginamas specialioje krosnyje 480 °C temperatūroje – taip nustatomas organinių medžiagų kiekis dirvožemyje. Vėliau dirvožemio bandiniai smulkinami trintuvėje ir pilami į 50 cm<sup>3</sup> kiuvetes, kurios visiškai užpildomos.

Radionuklidų koncentracija šakose, šaknyje, žievėje, lapuose, pumpuruose, vaisiuose ir kamieni tiriama mėginius deginant nufelinėje krosnyje 480 °C temperatūroje 1 valandą. Kad mėginys neužsiliepsnotų, pradžioje temperatūra didinama lėtai, o paskui greičiau (per 30 min. iki 480 °C). 480 °C temperatūroje deginama apie 1 valandą. Pelenai ataušinami ir atsargiai (kuo mažiau prarandant) supilami į matavimo indą, suslegiami ir pasveriami (LAND 36-2000).

Mėginiai deginami specialiuose karščiuose atspariuose tigliuose. Medienos bandinys po deginimo nufelinėje krosnyje 480 °C temperatūroje virsta pelenais arba anglimis. Sudeginus bandinius iki tyrimams reikalingo lygio, pelenai susmulkinami trintuvėje iki miltelių ir atsargiai supilami į 50 cm<sup>3</sup> kiuvetes, kurios visiškai užpildomos. Tokie vaismedžio segmentų ėminių bandiniai yra visiškai paruošti radiometriniam tyrimui.

Radionuklidų <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th savitasis aktyvumas bandiniuose nustatytas puslaidininkiniu Ge(Li) spektrometru. Mėginių matavimo trukmė 1 para. Spektrometro energetinio ir geometrinio efektyvumo sandauga, matuojant kiuvetėje, 662 keV energijai yra 0,21 %.

<sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th savitasis aktyvumas nustatytas pagal tokią formulę

$$A = \frac{\frac{S}{t_1} - \frac{S_f}{t_f}}{\eta \cdot \epsilon \cdot m}, \quad (1)$$

čia  $S$  – radionuklido aktyvumo smailės plotas, impulsai;  $S_f$  – foninės spinduliuotės smailės plotas, impulsai;  $t$  – bandinio matavimo laikas, s;  $\epsilon$  – puslaidininkinio spektrometro energetinio ir geometrinio efektyvumų sandauga;  $\eta$  – radionuklido skilimo kvantinė išieiga;  $m$  – matuojamojo bandinio masė, kg (Butkus 2006).

Iš gautų <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th savitųjų aktyvumų vaismedžio sanduose ir dirvožemyje po vaismedžiu rezultatų apskaičiuojami pernašos faktoriai.

Radionuklidų pernašos faktorius – tai santykis radionuklido vidutinio savitojo aktyvumo vaismedžio sanduose su radionuklido savituoju aktyvumu 0–30 cm dirvožemio sluoksnyje.

Radionuklidų pernašos iš dirvožemio, esančio po vaismedžiu, į vaismedžio sandus faktoriai skaičiuojami pagal formulę

$$PF = \frac{C_{a.a}}{C_{a.d}}, \quad (2)$$

čia  $PF$  – radionuklido pernašos iš dirvožemio į augalą faktorius;  $C_{a.a}$  – radionuklido savitasis aktyvumas augalo sanduose, Bq/kg;  $C_{a.d}$  – radionuklido savitasis aktyvumas dirvožemyje, Bq/kg.

Parametras  $C_{a.d}$  gautas skaičiuojant vidutinę visoje dirvožemio 0–30 cm iškasoje esančio konkretaus radionuklido savitojo aktyvumo vertę, Bq/kg.

## Rezultatai ir jų analizė

Iš gautų <sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th savitųjų aktyvumų vaismedžio sanduose ir medienoje rezultatų buvo apskaičiuojami pernašos faktoriai. Pernašos faktoriai skaičiuoti pagal 2 formulę, pateiktą metodikos skyriuje.

<sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th pernašos iš dirvožemio į obels sandus faktoriai pirmojoje augimvietėje pateikti 1 lentelėje.

Radionuklidų (<sup>137</sup>Cs, <sup>40</sup>K ir <sup>232</sup>Th) pernašos faktorių mažiausios reikšmės buvo radionuklido kelyje iš dirvožemio į vaisius.

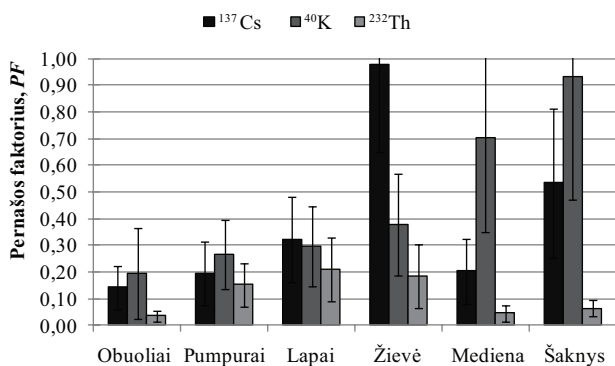
**1 lentelė.** Pernašos faktoriai (1-oji obelis)**Table 1.** Transfer factors (Apple tree 1)

Sandas	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{232}\text{Th}$
Obuoliai	0,14	0,20	0,04
Pumpurai	0,20	0,27	0,15
Lapai	0,32	0,30	0,21
Žievė	0,98	0,38	0,18
Mediena	0,20	0,70	0,05
Šaknys	0,54	0,93	0,07

$^{137}\text{Cs}$  gauti pernašos faktorių rezultatai rodo, kad geriausiai šį radionulidą iš dirvožemio po vaismedžiu kaupia obels žievė ( $PF = 0,98$ ), mažiau – šaknys ( $PF = 0,54$ ), mažiausiai obuoliai ( $PF = 0,14$ ). Gamtinės kilmės radionuklidą  $^{40}\text{K}$  geriausiai kaupia didžiausią kontaktą su dirvožemiu turintis vaismedžio sandas – obels šaknų sistema ( $PF = 0,93$ ). Mažiau šio radionulido iš dirvožemio patenka į vaismedžio vaisius. Iš gautų radioaktyviojo  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktorių didžiausią reikšmę įgyja obels lapai ( $PF = 0,21$ ), šiek tiek mažesnę reikšmę obels žievė –  $^{40}\text{K}$  augale atsakingas už augimo procesus, žievė nėra intensyviai augantis organas, todėl galbūt ir pernašos faktorius  $^{40}\text{K}$  į žievę yra mažesnis.  $^{232}\text{Th}$  mažiausiai linke kaupiti vaismedžio vaisiai ( $PF = 0,04$ ).

1 lentelėje ir 3 paveiksle pateikti rezultatai rodo, kaip keičiasi radioaktyvioji vaismedžio užtarša radionuklidams migruojant iš dirvožemio į vaismedžio vaisius. Visų trijų tirtų radionuklidų pernašos faktorių vertės mažėja kylant vaismedžio segmentais aukštyn (3 pav.).

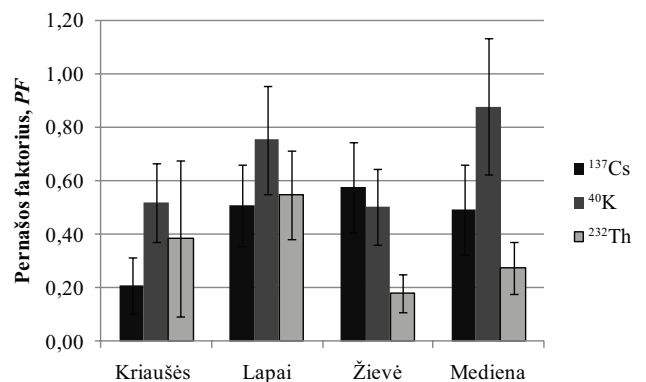
Pernašos faktoriai iš dirvožemio į kriaušės sandus pateikti 2 lentelėje.

**3 pav.**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  ir  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktoriai iš dirvožemio į 1-osios obels sandus**Fig. 3.**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{232}\text{Th}$  transfer factors from soil to the components of apple tree (1)**2 lentelė.** Pernašos faktoriai (kriaušė)**Table 2.** Transfer factors (Pear)

Sandas	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{232}\text{Th}$
Kriaušės	0,21	0,52	0,38
Lapai	0,51	0,75	0,55
Žievė	0,58	0,50	0,18
Mediena	0,49	0,88	0,28

Kaip matyti iš 4 paveikslo, didžiausias pernašos faktorius iš dirvožemio į augalo segmentus yra  $^{40}\text{K}$ . Tai reiškia, kad  $^{40}\text{K}$  pasižymi geresne migracija iš dirvožemio į augalą, lyginant su kitais dviem tirtais radionuklidais  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{232}\text{Th}$ .

$^{137}\text{Cs}$  geriausiai kaupia vaismedžio žievė (4 pav.), mažiausiai – kriaušės vaisiai. Iš grafiko matyti, kad visų tirtų radionuklidų mažiausi kiekiai patenka į kriaušės vaisius, didžiausi – į lapus. Skiriasi tik  $^{232}\text{Th}$ , kurio daugiau patenka į augalo vaisius negu į medieną ar žievę.

**4 pav.**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  ir  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktoriai iš dirvožemio į kriaušės sandus**Fig. 4.**  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{232}\text{Th}$  transfer factors from soil to the components of the pear tree

3 lentelėje pateikti tirtosios 2-osios pernašos faktoriai iš dirvožemio (Visagino sav.) į obels sandus (vaisius ir medieną).

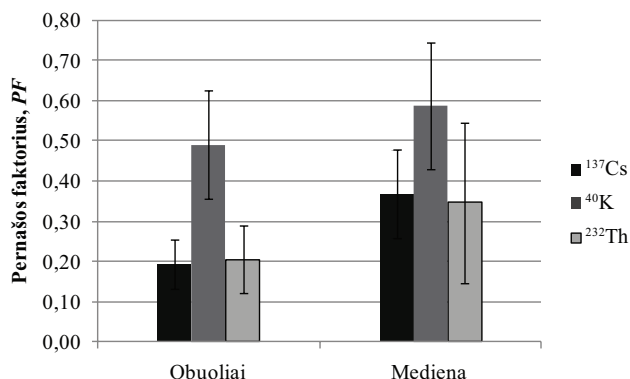
**3 lentelė.** Pernašos faktoriai (2-oji obelis)**Table 3.** Transfer factors (Apple 2)

Sandas	$^{137}\text{Cs}$	$^{40}\text{K}$	$^{232}\text{Th}$
Obuoliai	0,19	0,49	0,21
Mediena	0,37	0,59	0,35

Iš 5 paveikslo duomenų matyti, kad gana gerai minėtuose obels sanduose kaupiasi  $^{137}\text{Cs}$  ir  $^{40}\text{K}$ , mažesni pernašos faktoriai gauti analizuojant  $^{232}\text{Th}$  pernašos kaitą. Visų tirtų radionuklidų pernašos faktoriai 2-osios obels vaisiuose buvo mažesni, lyginant su obels medienoje gautomis vertėmis.

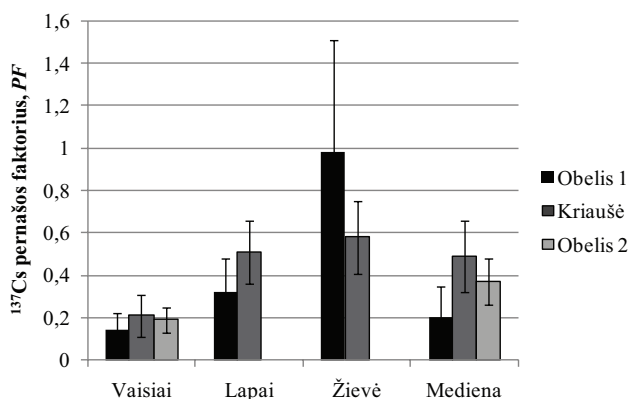
Radionuklidų pernašos faktorių iš dirvožemio į vaismedžių sandus tyrimo rezultatai palyginti 5, 6, 7 paveiksluose.

Atlikus visų trijų tirtųjų vaismedžių radioaktyviosios užtaršos  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{232}\text{Th}$  ir  $^{40}\text{K}$  rezultatų analizę gauti kiekvieno radionuklido pernašos faktoriai, rodantys radionuklidų migracijos iš dirvožemio į augalo sandus ypatumus.



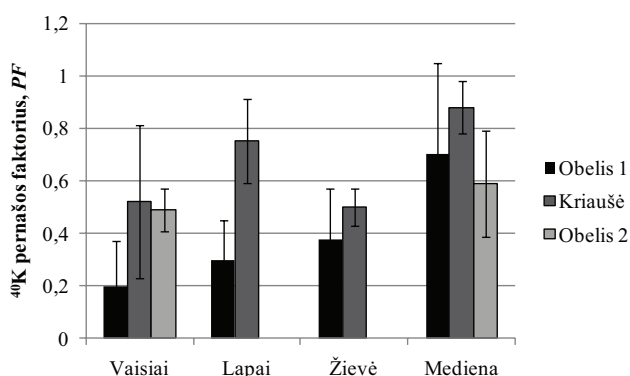
5 pav.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  ir  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktoriai iš dirvožemio į 2-osios obels sandus

Fig. 5.  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{232}\text{Th}$  transfer factors from soil to the components of apple tree (2)



6 pav.  $^{137}\text{Cs}$  pernašos faktorių iš dirvožemio į vaismedžių sandus palyginimas

Fig. 6. A comparison of  $^{137}\text{Cs}$  transfer factors from soil to the tree component

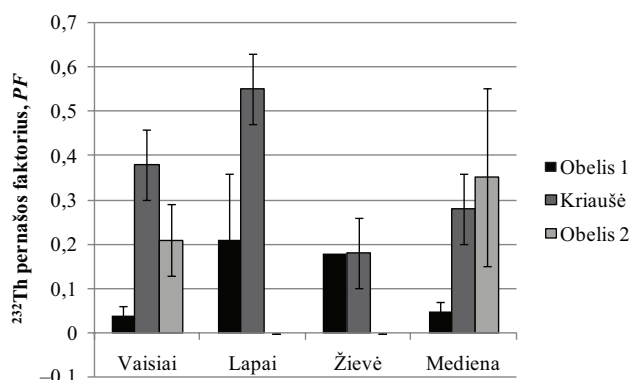


7 pav.  $^{40}\text{K}$  pernašos faktorių iš dirvožemio į vaismedžių sandus palyginimas

Fig. 7. A comparison of  $^{40}\text{K}$  transfer factors from soil to the tree component

Iš 5 paveikslo matyti, kad dirbtinės kilmės radionuklido  $^{137}\text{Cs}$  migracija iš dirvožemio ir kaupimasis vaismedžio sanduose vyksta geriau kriaušėje negu abiejose nagrinėtose obelyse. Tačiau obels žievėje susikaupusio radioaktyviojo cezio kiekis yra didesnis negu kriaušės žievėje. Tokiam skirtumui įtakos galėjo turėti skirtingas vaismedžių amžius arba skirtinga žievės sandara.

Lyginant visų 3 vaismedžių  $^{40}\text{K}$  pernašos faktorių išsidėstymą (8 pav.) matyti, kad kalį iš dirvožemio geriau pasisavina kriaušės sandai, lyginant su abiejų obelių sandais. Šio radionuklido patekimas į augalo sandus labai priklauso nuo medžio suvartojamų maistinių medžiagų iš dirvožemio kiekio. Galbūt kriaušės vaismedis šių medžiagų, su kuriomis į vaismedžio sandus patenka ir gamtinės kilmės radionuklidas  $^{40}\text{K}$ , pasisavina daugiau. Gana dideli kiekiai radioaktyviojo kalio susikaupę vaismedžių medienoje, mažiausiai jo patenka į augalų vaisius.



8 pav.  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktorių iš dirvožemio į vaismedžių sandus palyginimas

Fig. 8. A comparison of  $^{232}\text{Th}$  transfer factors from soil to the tree component

Analizuojant  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktorius, nepastebima tokių pačių dėsnų, kaip nagrinėjant taip pat gamtinės kilmės radionuklido  $^{40}\text{K}$  pasiskirstymą.  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktoriai kriaušės vaismedžio sanduose yra gerokai didesni tik vaisiuose ir lapuose, kituose sanduose tiek kriaušės, tiek abiejų tiriamųjų obelių pernašos faktorių reikšmės skiriasi nedaug.

## Išvados

- Įvertinus pernašos faktorius ( $PF$ ) iš dirvožemio į vaismedžių sandus nustatyta, kad  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  ir  $^{232}\text{Th}$  geriau pasisavina ir kaupia kriaušės vaismedis negu abi tirtos obelės.
- Gauta, kad  $^{137}\text{Cs}$  pernašos faktorius į obelių vaisius yra nuo 0,14 iki 0,19, o į kriaušės vaisius  $PF = 0,21$ . Obelių ir kriaušės sanduose geriausiai  $^{137}\text{Cs}$  pasisavina vaismedžių žievė.

3.  $^{40}\text{K}$  pernašos faktoriai į pirmosios obels vaisius yra 0,20, į antrosios – 0,49, į kriaušės – 0,52. Didžiausi  $^{40}\text{K}$  kiekiai pasisavinami per vaismedžių šaknų sistemą ( $PF = 0,93$ ).
4. Įvertinus  $^{232}\text{Th}$  pernašos faktorių kaitą,  $PF$  obelių vaisiuose siekia tik 0,04 ir 0,21, o kriaušėse  $PF$  yra 0,38. Abiejų vaismedžių rūšių lapai geriausiai pasisavina  $^{232}\text{Th}$ .

## Literatūra

- Al-Oudat, M.; Asfary, A. F.; Mukhalalti, H.; Al-Hamwi, A.; Kanakri, S. 2006. Transfer factors of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  from soil to trees in arid regions, *Journal of Environmental Radioactivity* 90: 78–88. doi:10.1016/j.jenvrad.2006.06.005
- Arapis, G.; Petryaev, E.; Shagalova, E. 1997. Effective migration velocity of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  as function of the type of soil in Belarus, *Journal of Environmental Radioactivity* 34: 171–185. doi:10.1016/0265-931X(96)00013-6
- Butkus, D. 2006. *Jonizuojančioji spinduliuotė aplinkoje*. Vilnius: Technika. 292 p.
- Butkus, D.; Pliopaitė-Bataitienė, I. 2006. Pušies (*pinus sylvestris* L.) biomasės ir  $^{137}\text{Cs}$  savitojo aktyvumo medienoje sąsajos tyrimas, *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management* 14(3): 135–140.
- Carini, F.; Bengtsson, G. 2001. Post-deposition transport of radionuclides in fruit, *Journal of Environmental Radioactivity* 52: 215–218. doi:10.1016/S0265-931X(00)00034-5
- Fesenko, S. V.; Voigt, G.; Spiridonov, S. I.; Gontarenko, I. A. 2005. Decision making framework for application of forest countermeasures in the long term after the Chernobyl accident, *Journal of Environmental Radioactivity* 82: 143–166. doi:10.1016/j.jenvrad.2004.10.014
- Gommers, A.; Thiry, Y.; Vandenhove, H.; Vandecasteele, C. M.; Smolders, E.; Merckx, R. 2000. Radiocaesium uptake in one-year-old willows planted as short rotation coppice, *Journal of Environmental Quality* 29: 1384–1390. doi:10.2134/jeq2000.00472425002900050003x
- LAND 36-2000. Aplinkos elementų užterštumo radionuklidais matavimas – mėginių gama spektrinė analizė spektrometru, turinčiu puslaidininkinį detektorių, *Valstybės žinios* 112-2824.
- Madoz-Escande, C.; Leclerc, E.; Colle, C.; Hurtevent, P. 2009. Role and uncertainty of foliar transfer in radiological impact assessments: state of the art and future actions, *Radioprotection* 44(5): 791–798. doi:10.1051/radiopro/20095142
- Malek, M. A.; Hinton, T. G.; Webb, S. B. 2002. A comparison of  $^{90}\text{Sr}$  and  $^{137}\text{Cs}$  uptake in plants via three pathways at two Chernobyl contaminated sites, *Journal of Environmental Radioactivity* 58: 129–141. doi:10.1016/S0265-931X(01)00062-5
- Mcgee, E. J.; Synnott, H. J.; Johanson, K. J.; Fawaris, B. H.; Nielsen, S. P.; Horrill, A. D.; Kennedy, V. H.; Barbayiannis, N.; Veresoglou, D. S.; Dawson, D. E.; Colgan, P. A.; McGarry, A. T. 2000. Chernobyl fallout in a Swedish spruce forest ecosystem, *Journal of Environmental Radioactivity* 48: 59–78. doi:10.1016/S0265-931X(99)00057-0
- Mitchell, N. G. 2001. Models for radionuclide transfer to fruits and data requirements, *Journal of Environmental Radioactivity* 52: 291–294. doi:10.1016/S0265-931X(00)00037-0

Tikhomirov, F. A.; Shcheglov, A. I.; Tsvetnova, O. B.; Klyash-torin, A. L. 1990. Geochemical migration of radionuclides in forest ecosystems of contaminated area of the Chernobyl NPP, *Pochvovedeniye* 10: 41–50.

Von Fircks, Y.; Rosen, K.; Sennerby-Forsse, L. 2002. Uptake and distribution of  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  in *Salix viminalis* plants, *Journal of Environmental Radioactivity* 63: 1–14. doi:10.1016/S0265-931X(01)00131-X

## RESEARCH INTO THE FACTORS OF TRANSFERING RADIONUCLIDES FROM SOIL TO THE COMPONENTS OF FRUIT TREES

D. Brogaitė, D. Butkus, I. Pliopaitė-Bataitienė

### Abstract

The study reveals the factors of transferring radionuclides  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{232}\text{Th}$  from soil under fruit trees to the components of fruit trees. Three fruit trees growing in two different places were chosen. 6 soil samples and apple tree components were taken from Ukmergė city. Kalviškiai near Visaginas town is the second place of growing apple and pear trees to the components of which the transfer of radionuclides was made. The article discusses the methodology of preparing fruit tree components for radiometric research and submits the evaluation methods for transfer factors. The paper analyzes the obtained results of research on transfer factors. The conducted analysis has showed that  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{232}\text{Th}$  patterns of transfer depend on the type of a fruit tree and on the investigated components. The study has also disclosed that the pear tree collects all examined radionuclides to a greater extent than apple trees. Finally, the evaluation of transferring radionuclides to separate fruit tree components displays that the least amount of  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$  and  $^{232}\text{Th}$  is found in the fruits of the trees, whereas the biggest - in bark, leaves and roots.

**Keywords:** transfer factor, fruit tree, radionuclides,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{232}\text{Th}$ .