

# Daugiabučių pastatų energinio efektyvumo gerinimas, poveikis vidaus aplinkos kokybei ir sveikatai

## Akcentai

- Renovacija pagerino gyventojų pasitenkinimą vidaus oro kokybe.
- Vidaus oro kokybę pagerėjo pastatuose su mechaniniu vėdinimu, o pastatuose su natūraliu vėdinimu pastebėta priešinga tendencija.
- Lietuvos pastatuose ženkliai pagerėjęs šiluminis komfortas.
- Suomijos pastatuose šildymo sezono metu sumažinus aukštą temperatūrą galima sutau-pyti energiją ir palaikyti priimtinesnę santykinę oro drėgmę.

## Autoriai:

**Ulla Haverinen-Shaughnessy, Mari Turunen, Liulu Du**

Nacionalinis sveikatos ir gerovės institutas, Suomija

**Virpi Leivo, Mihkel Kiviste, Anu Aaltonen**

Tamperės technologijos universitetas, Suomija

**Tadas Prasauskas, Dainius Martuzevičius**

Kauno technologijos universitetas, Lietuva

## ĮVADAS

Sušvelninti klimato kaitai reikia nacionalinių ir tarptautinių pastangų. Nustatyta, kad didžiausias potencialas sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekius yra statybų sektoriuje, kuriame gyvenamieji pastatai sunaudoja apie 27 % energijos. Europos Sąjungoje pagrindiniai įstatymai, kuriais siekiama pagerinti naujų ir esamų pastatų energijos vartojimo efektyvumą yra Energijos vartojimo efektyvumo direktyva ir Pastatų energinio naudingumo direktyva (EPBD). Jos įgyvendinamos nacionalinėje politikoje ir programose, kurių tikslas dažniausiai yra sumažinti energijos suvartojimą pastatų sektoriuje. Energijos vartojimo efektyvumo pagerinimas taip pat gali daryti įtaką vidaus aplinkos kokybei ir gyventojų sveikatai bei gerovei, tačiau informacija apie tokį poveikį nėra gausi.

INSULAtE projekto tikslas buvo parodyti teigiamą energijos vartojimo efektyvumo poveikį pastatams ir sukurti išsamius pastatų vertinimo kriterijus. Penkerių metų trukmės projekto metu (2010–2015 m.) buvo vertinami pastatai Suomijoje ir Lietuvoje – jų vidaus aplinkos kokybė ir turintys įtakos sveikatai parametrai (1 pav. pateikti regionai, kuriuose buvo vertinami pastatai).



1 pav. Žemėlapiai, kuriuose pavaizduotos tirtų pastatų vietos ir regionai Suomijoje ir Lietuvoje.

Didžioji dalis vertintų pastatų - tai daugiabučiai, pastatyti 1960–1980 m., kuriuose, siekiant sumažinti šildymo sąnaudas, buvo atliekama renovacija. Vertinta atliekant įvairius matavimus ir pateikiant gyventojams klausimus tiek prieš renovaciją, tiek po jos. Protokolas taip pat buvo išbandytas kai kuriuose pastatuose Estijoje, Latvijoje ir Jungtinėje Karalystėje.

**Duomenų šaltiniai ir metodai**

Įvertinti iš viso 46 daugiabučiai pastatai Suomijoje ir 20 pastatų Lietuvoje (maždaug po 5 butus kiekviename pastate) dvejais etapais: 1-asis vertinimas prieš pastatų renovaciją ir 2-asis vertinimas po tiriamų pastatų renovacijos. Vertinimas buvo atliekamas šildymo sezono metu. Vertinti toliau išvardinti vidaus aplinkos kokybės parametrai, galintys daryti įtaką gyventojų sveikatai ir gerovei:

- vidaus temperatūra (T) ir santykinė oro drėgmė (RH)
- oro apykaita
- anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>) ir anglies monoksidas (CO)
- aerozolio dalelės (AD<sub>2.5</sub>, AD<sub>10</sub>)
- azoto dioksidas (NO<sub>2</sub>)
- lakieji organiniai junginiai (LOJ)
- formaldehidas (CH<sub>2</sub>O)
- radonas
- mikrobai ir mineraliniai plaušai nusėdusiose dulkėse.

Be to, iš gyventojų buvo surinkta informacija apie būstą ir sveikatą savarankiškai pildant klausimynus ir dienoraščius.

- Klausimyną sudarė 49 klausimai, daugiausiai susiję su būstu ir jo aplinka, higiena, vidaus aplinkos problemomis ir gerbūviu.
- Klausimynas buvo pagrįstas anksčiau sudarytu Būsto ir sveikatos klausimynu, kuris naudotas surinkti lyginamiesiems duomenims iš atsitiktinių būstų Suomijoje 2007 ir 2011 metais [1, 2].
- Dienoraštis buvo pildomas kartą per dieną dvi savaites; jame buvo pateikiami klausimai susiję su namuose praleistu laiku ir atliekamais kasdieniniais darbais (pavyzdžiui, vėdinimas atidarant langus).

**Vertinimo protokolas išsamiai paašškintas projekto internetinėje svetainėje ([www.insulateproject.eu](http://www.insulateproject.eu)).**

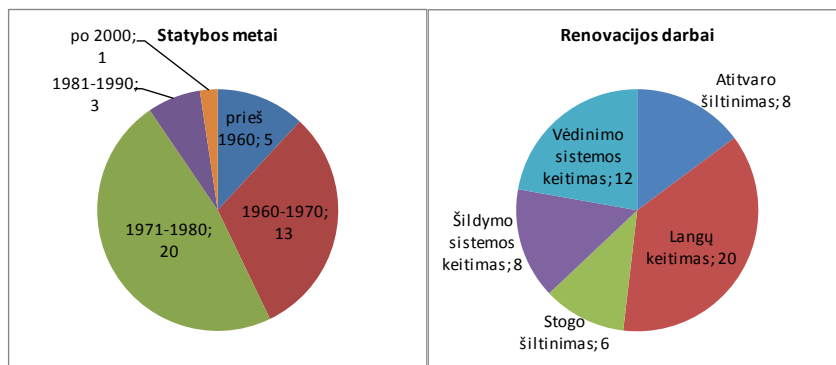
**TYRIMAI**

Tyrimui parinkti daugiabučiai pastatai, kuriuos planuota renovuoti projekto metu. 2 paveiksle parodytas vieno tokio pastato pavyzdys prieš renovaciją ir po jos. Be to, kontroliniam palyginimui įtraukti keli pastatai, kurie nebuvo renovuoti projekto metu. Gyventojai dalyvavo savanoriškai.



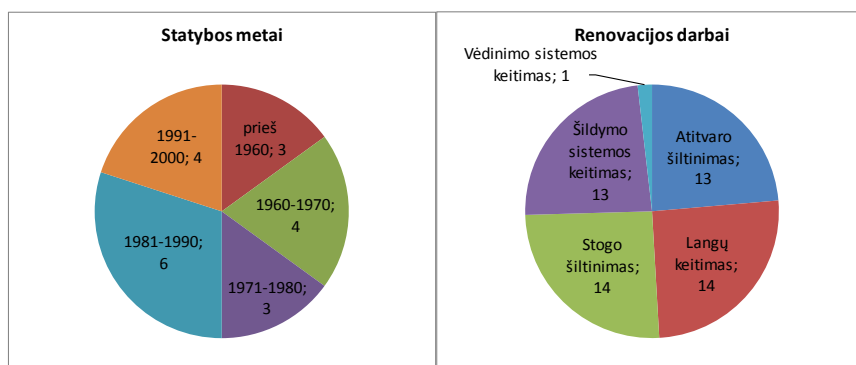
2 pav. Tiriamasis pastatas prieš renovaciją ir po jos.

Suomijoje projekto pradžioje buvo įvertinti 46 daugiabučiai (241 butas). Iš jų 39 pastatai buvo renovuoti, o likę buvo kontroliniai - nerenovuoti. Didžioji dalis pastatų yra Tamperės ir Kuopijo srityse. Daugelyje šių pastatų buvo įrengtas mechaninis ištraukiamasis vėdinimas (< 10 proc. buvo įrengtas natūralus vėdinimas). 3 paveiksle pavaizduotas tiriamųjų pastatų pasiskirstymas pagal pastatymo metus ir atliktos renovacijos tipą.



3 pav. Pasiskirstymas pagal pastatymo metus ir įvairius atliktos renovacijos darbus Suomijoje.

Lietuvoje projekto pradžioje buvo įvertinta 20 daugiabučių (96 butai). Iš jų renovuota 15 pastatų, likę buvo kontroliniai – nerenovuoti. Didžioji dalis pastatų buvo Kauno rajone. Tiriamuosiuose bei kontroliniuose pastatuose vyraavo natūrali vėdinimo sistema su vietine ištraukiamąja ventiliacija virtuvėse ir vonios kambariuose. 4 paveiksle pavaizduotas tiriamųjų pastatų pasiskirstymas pagal pastatymo metus ir atliktos renovacijos tipą.



4 pav. Pasiskirstymas pagal pastatymo metus ir įvairius atliktos renovacijos darbus Lietuvoje.

### Objektyvaus ir subjektyvaus vertinimo vaidmuo

Matavimo rezultatų palyginimas su gairėmis ir rekomendacijomis gali padėti pastatų savininkams ir gyventojams įsitikinti, kad vidaus aplinkos kokybė yra rekomenduojamo lygio ribose.

Gyventojų suvokiama vidaus aplinkos kokybė ir sveikata gali skirtis nuo pamatuotų verčių.

Gyventojų komforto ir saugumo suvokimas yra svarbus, kadangi gyventojai savo veiksmais gali daryti įtaką ne tik vidaus aplinkos kokybei ir sveikatai, tačiau ir energijos suvartojimui. Pavyzdžiui, jie gali išjungti vėdinimą dėl trukdančio triukšmo, o tai pablogintų vidaus oro kokybę. Be to, dėl prastos vidaus oro kokybės atidaryti langai arba pakelta vidaus oro temperatūra dėl skersvėjo gali žymiai padidinti energijos suvartojimą.

### METODAI

Vidaus aplinkos kokybė vertinta: 1) atliekant matavimus, 2) lyginant rezultatus su reglamentais ir rekomendacijomis, bei 3) stebint galimus pasikeitimus prieš ir po daugiabučių renovaciją. Jeigu buvo įmanoma, vertinimas prieš ir po renovacijos kiekviename pastate buvo atliekamas tuo pačiu metų laiku (šildymo sezono metu). 5 paveiksle pavaizduoti matavimo prietaisų išdėstymas bute.



5 pav. Matavimo prietaisų išdėstymas bute Lietuvoje.

Vidaus aplinkos kokybės parametrai, pavyzdžiui, maksimalių teršalų lygių, kurie padeda išvengti neigiamo poveikio sveikatai ir gerovei, gaires paskelbė Pasaulio sveikatos organizacija [3] ir ES [4]. Suomijoje naudojamas gaires ir rekomendacijas galima rasti Būsto sveikatos dekretu [5], ankstesnėse Būsto sveikatos gairėse ir vadove [6, 7], o taip pat Vidaus klimato klasifikacijoje [8]. Vidaus aplinkos kokybę Lietuvoje reglamentuoja Higienos normos [9, 10]. Pasirinktų vidaus oro kokybės parametrai rekomenduojamos vertės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė Pasirinktų vidaus oro kokybės parametrai tarptautinės ir nacionalinės rekomendacinės vertės

Parametras	Vnt.	PSO	ES	Nacionalinės gairės	
				Suomija	Lietuva
T	°C	-	-	18-26 <sup>a</sup>	18-22
RH	%	-	-	20-60	35-60 <sup>b</sup>
CO <sub>2</sub>	ppm	-	-	1 150 > lauke	1 200
CO <sup>c</sup>	ppm	8,6 (8 val.); 25 (1 val.)	10 (8 val.)	7	2,43 (24 val.)
AD <sub>2,5</sub>	µg/m <sup>3</sup>	25 (24 val.)	25 (m.)	-	40 (24 val.)
AD <sub>10</sub>	µg/m <sup>3</sup>	50 (24 val.)	50 (24 val.); 40 (m.)	-	50 (24 val.)
NO <sub>2</sub>	µg/m <sup>3</sup>	40 (m.); 200 (val.)	200 (val.); 40 (m.)	-	40 (24 val.)
CH <sub>2</sub> O	µg/m <sup>3</sup>	100 (30 min.)	-	50 (m.)	100 (30 min.) 10 (24 val.)
Radonas	Bq/m <sup>3</sup>	100 (m.)	-	100/200/400 <sup>d</sup>	400
TVOCs	µg/m <sup>3</sup>	-	-	400	100 <sup>e</sup>

<sup>a</sup> „Geras“ patalpos temperatūros lygis yra 21 °C („pakankamas“ lygis yra 18 °C), jis neturėtų būti didesnis nei 26 °C, nebent temperatūra pakyla dėl lauko temperatūros. Šildymo sezono metu temperatūra viduje neturėtų viršyti +23...24 °C.

<sup>b</sup> Santykinės oro drėgmės vertės taikomos tik šildymo sezono metu.

<sup>c</sup> Vertės reiškia maksimalų dienos 8 valandų vidurkį.

<sup>d</sup> Rekomenduojamos vertės Suomijoje: 100 Bq m<sup>-3</sup> (naujiems pastatams); 200 Bq m<sup>-3</sup> (po 1992 m.).

<sup>e</sup> Lietuvos rekomenduojamos vertės taikomos C1-C10 struktūros alifatiniams angliavandeniliams (100 mg/m<sup>3</sup>).

### Pagrindinės išvados

Gauti rezultatai atskleidė pagerėjusias gyvenimo sąlygas po pastatų renovacijos, pavyzdžiui:

- šiluminės sąlygos ženkliai pagerėjo Lietuvos pastatuose;

→ **Renovacija gali ženkliai pagerinti gyventojų gerbūvį;**

- Suomijoje šildymo sezono metu pastatuose didžiausia rekomenduojama vidaus temperatūra (23 °C) buvo viršijama 40 proc. laiko, tiek prieš renovaciją, tiek po jos, o santykinė oro drėgmė buvo žemiau rekomenduojamos vertės (RH <20%);

→ **Sumažinus aukštą vidaus oro temperatūrą galima sutaupyti energiją ir palaikyti priimtina RH vertę;**

- vidaus oro kokybė pagerėjo pastatuose, kuriuose įrengtas mechaninis vėdinimas, o pastatuose su natūraliu vėdinimu tendencija buvo priešinga;

→ **Po renovacijos vėdinimo sistema privalo būti patikrinta ir subalansuota;**

- daugumoje tirtų butų vidaus aplinkos kokybės parametrai atitiko nustatytas nacionalines rekomendacines vertes, tačiau po renovacijos kai kurie vidaus taršos šaltiniai suintensyvėjo;

→ **Ypatingą dėmesį reikia skirti taršos šaltinių kontrolei.**

## REZULTATAI

### Pastatai ir energija

Pastatai buvo suskirstyti pagal renovacijos lygį: renovuoti iš dalies, kai atnaujintos atskiros sistemos, pavyzdžiui, apšvietimo, šildymo ir vėdinimo įranga, arba keičiami langai; kapitaliai renovuoti, kai atnaujinamas apima visas efektyvaus energijos naudojimo priemones, vienu metu pagerinant kelias sistemas.

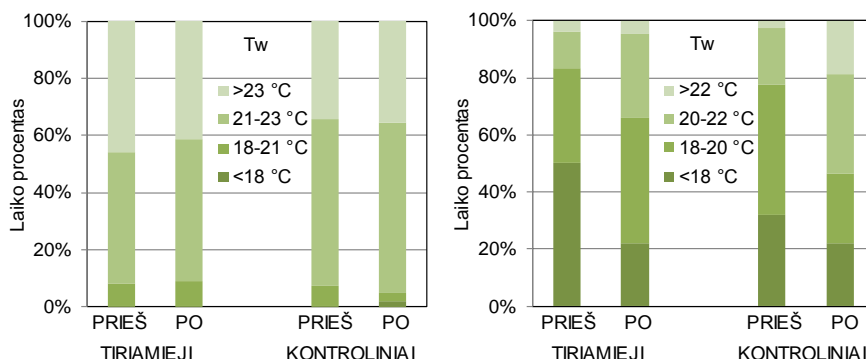
Suomijoje 29 pastatams atliktas atskirų sistemų atnaujinimas, o 9-iems atlikta visa apimanti renovacija. Po renovacijos energijos sąnaudos juose sumažėjo vidutiniškai 21 proc.

Lietuvoje dviejuose pastatuose atliktas atskirų sistemų atnaujinimas, o 13-a pastatų buvo kapitaliai renovuoti. Pastarosios grupės 12-oje daugiabučių, kuriuose buvo įrengta centralizuota šildymo sistema, energijos sąnaudų sumažėjimas svyravo nuo 30 iki 60 proc. Dviejuose iš šių pastatų buvo įrengti saulės kolektoriai, karštam vandeniui ruošti. Trijuose pastatuose buvo įrengta individuali šildymo sistema (dujiniai katilai), kuriuose energijos sunaudojimas sumažėjo apytiksliai 40 proc. Iš dalies renovuotuose pastatuose pastebėtas 10 proc. energijos suvartojimo sumažėjimas.

### Šiluminės sąlygos

Šildymo sezono metu bent du mėnesius butuose buvo matuojama vidaus oro temperatūra (T) ir santykinė oro drėgmė (RH), matuojant dviejose vietose: 1) gyvenamojoje zonoje, charakterizuojančioje vidutines buto sąlygas ir 2) greta šalčiausio pastato atitvarų taško (remiantis išmatuotomis paviršiaus temperatūromis), kuris dažniausiai būdavo greta balkono durų.

Suomijos daugiabučiuose prieš renovaciją vidutinė T šildymo sezono metu buvo 22,7 °C, o RH buvo 27,0 proc. Temperatūros reguliavimo ribos (<18 °C arba > 26 °C) [5] nebuvo viršytos nei viename bute. Remiantis Suomijos rekomenduojamomis vertėmis [6], patalpų temperatūra šildymo sezono metu turi neviršyti 23–24 °C. Nustatyta, kad 23 °C riba buvo viršyta daugiau nei 40 proc. laiko, o 24 °C riba viršyta 17 proc. laiko (6 pav.). RH vertės buvo žemiau rekomenduojamo lygio (RH - 20 proc.) 20 proc. laiko. Po renovacijos vidutinė T buvo 22,6 °C, o RH buvo 29,0 proc. Rekomenduojamas lygis (23 °C) buvo viršytas 39 proc. laiko, o RH buvo žemiau rekomenduojamos vertės 11 proc. laiko.



6 pav. Procentinė vertė, kai vidaus temperatūra viršijo nacionalines rekomenduojamas vertes prieš ir po renovacijos Suomijoje (kairėje) ir Lietuvoje (dešinėje).



**Papildomos išvados**

Po renovacijos,

- tiriamuose pastatuose ženkliai pagerėjo pasitenkinimas vidaus oro kokybe, ypač Suomijoje;
- Lietuvoje tirtuose pastatuose žymiai padidėjo šiluminis komfortas;
- atsižvelgiant į gyventojų atsiliėpimus, sumažėjo eismo keliamas triukšmas, tačiau Suomijos atveju gyventojai po renovacijos pastebėjo didesnę triukšmą, susijusį su vėdinimu ir vanden-tiekio sistema;

→ **Vėdinimo sistemos keisti reikia taip, kad tai sukeltų kuo mažiau nepatogumų gyventojams.**

Lietuvoje prieš renovaciją vidutinė T šildymo sezono metu buvo 19,5 °C, o RH buvo 43,4 proc. Po renovacijos vidutinė T buvo 20,4 °C, o RH - 48,7 proc. Pagal Lietuvos Higienos normas, rekomenduojama T vertė yra tarp 18–22 °C, o rekomenduojamas RH intervalas yra 35–60 proc. (šaltuoju metų laikotarpiu). Po renovacijos nustatyta, kad laikotarpis, kai temperatūra buvo per žema (T < 18 °C), sumažėjo 28 proc. tirtų pastatų, o kontroliniuose pastatuose sumažėjo - 10 proc. (6 pav.).

**Vidaus oro kokybė**

Suomijoje tiriamuosiuose pastatuose, kuriuose buvo įrengtas mechaninis vėdinimas, vidutinė oro apykaita po renovacijos buvo truputį didesnė (0,48 h<sup>-1</sup>) nei prieš renovaciją (0,45 h<sup>-1</sup>), o tais atvejais, kai vėdinimas buvo natūralus, vidutinė oro apykaitos vertė prieš renovaciją ir po jos buvo nustatyta identiška (0,25 h<sup>-1</sup>). Lietuvoje tirtuose pastatuose vidutinė oro apykaitos vertė po renovacijos buvo truputį mažesnė (0,32 h<sup>-1</sup>) nei prieš renovaciją (0,38 h<sup>-1</sup>). Kontroliniuose pastatuose vidutinė oro apykaitos vertė po daugiabučių renovacijos taip pat buvo mažesnė (0,28 h<sup>-1</sup>) lyginant su prieš renovaciją atliktais matavimais (0,40 h<sup>-1</sup>), todėl bent dalis šių skirtumų gali būti priskirti laikiniams veiksniams; pavyzdžiui, jie galėjo susidaryti dėl nepastovios oro infiltracijos kintant metų laikui bei atliekant matavimus skirtingais sezonais arba dėl skirtingos gyventojų elgsenos, pavyzdžiui, langų atidarymo dažnumo.

Anglies dioksidas (CO<sub>2</sub>) naudojamas kaip indikatorius vertinant vėdinimo kokybę gyvenamosiose patalpose. Suomijoje vidutinis vidaus CO<sub>2</sub> lygis buvo 731 ppm prieš renovaciją ir 722 ppm po renovacijos, o tai laikoma geru rezultatu [5]. 1000 ppm lygis buvo viršytas atitinkamai tik 9 proc. ir 10 proc. butų prieš ir po pastatų renovacijos. Lietuvoje vidutinis CO<sub>2</sub> lygis buvo didesnis nei 1200 ppm atitinkamai 26 proc. ir 35 proc. butų, remiantis matavimais prieš ir po pastatų renovacijos. Po renovacijos laikotarpis, kurio metu CO<sub>2</sub> koncentracijos tiriamuose pastatuose viršijo 1200 ppm, pailgėjo 9 proc., tuo tarpu kontroliniuose pastatuose jis sutrumpėjo vidutiniškai 5 proc. laiko.

2 lentelėje pateikiamos vidutinės vidaus aplinkos kokybės parametru vertės.

**2 lentelė.** Vidaus aplinkos kokybės parametru vertės tiriamuose ir kontroliniuose pastatuose Suomijoje ir Lietuvoje.

	Suomija				Lietuva			
	Tiriamas pastatas		Kontrolinis pastatas		Tiriamas pastatas		Kontrolinis pastatas	
	1 <sup>st</sup> (N)	2 <sup>nd</sup> (N) <sup>1</sup>	1 <sup>st</sup> (N)	2 <sup>nd</sup> (N)	1 <sup>st</sup> (N)	2 <sup>nd</sup> (N) <sup>1</sup>	1 <sup>st</sup> (N)	2 <sup>nd</sup> (N)
CO <sub>2</sub> , ppm	687 (186)	653 (133)	629 (32)	609 (30)	957 (66)	993 (57)	1 013 (22)	1 002 (8)
AD <sub>2,5</sub> , µg/m <sup>3</sup>	5,3 (157)	4,3 (107)	4,4(18)	2,3 (13)	9,2 (71)	9,9 (55)	6,6 (22)	5,4 (8)
AD <sub>10</sub> , µg/m <sup>3</sup>	14,6 (157)	12,4* (107)	11,9 (18)	9,6 (13)	18,5 (71)	24,8* (55)	17,8 (22)	18,3 (8)
CH <sub>2</sub> O, µg/m <sup>3</sup>	18,2 (140)	16,4* (103)	15,9 (16)	13,5 (13)	24,1 (71)	28,0*(57)	16,5 (24)	32,9* (8)
BTEX, µg/m <sup>3</sup>	6,5(134)	9,1* (102)	5,4 (16)	7,0 (13)	16,0 (71)	19,4 (55)	7,3 (24)	7,7 (8)
NO <sub>2</sub> , µg/m <sup>3</sup>	6,2(145)	6,0 (104)	3,9 (16)	4,9 (13)	11,9 (71)	11,7 (57)	16,0 (22)	13,8* (8)
Radonas, Bq/m <sup>3</sup>	60 (132)	50 (88)	40 (13)	40 (12)	28 (33)	38* (31)	14 (12)	18(4)

<sup>1</sup> Po renovacijos; N atitinka keletą matavimų

\* rodo statistiškai reikšmingą skirtumą tarp matavimų prieš ir po renovacijos (p < 0,05)

### Pagrindiniai rezultatai

- Sukurtas išsamus protokolas, skirtas įvertinti daugiabučių pastatų energijos vartojimo efektyvumo gerinimo poveikį vidaus aplinkos kokybei ir sveikatai.
- Sudaryti rodikliai, kuriuos galima naudoti vidaus aplinkos kokybės vertinimui, susijusiam su energijos vartojimo efektyvumo gerinimu ir didelės apimties renovacija, o taip pat su papildomu energijos auditu.
- Didelė duomenų bazė, kurią sudaro duomenys surinkti prieš renovaciją ir po jos Suomijos ir Lietuvos daugiabučiuose pastatuose.

### Papildomi tyrimai

- Kaip INSULaTE protokolo dalį taip pat ištyrėme dienaščių su gyventojų atsiliepimais. Nors surinkta informacija suteikia daug informacijos apie vidaus aplinkos kokybę bei kaip ji yra susijusi su gyventojų elgsena, metodas vis dar turėtų būti toliau tobulinamas.

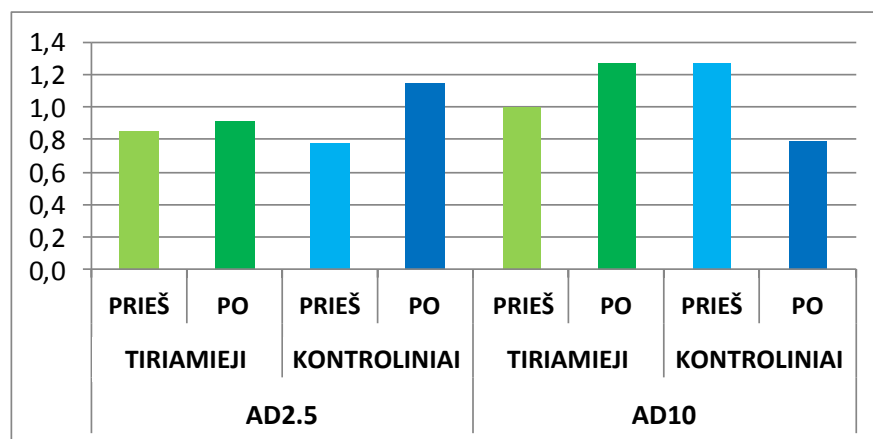
Suomijoje po renovacijos sumažėjo aerozolio dalelių (AD), formaldehido (CH<sub>2</sub>O) ir lakiųjų organinių junginių (įsk. benzeną, tolueną, etilbenzeną ir ksilenus (BTEX)) koncentracijos. Lietuvoje aerozolio dalelių, CH<sub>2</sub>O ir radono koncentracijos taip pat padidėjo po renovacijos. Tačiau panašūs skirtumai buvo pastebėti ir kontroliniuose pastatuose, todėl šie skirtumai gali būti nebūtinai susiję su renovacija.



7 pav. Radono bandinių ėmiklis naudojamas Suomijoje (kairėje) ir Lietuvoje.

Kalbant apie aerozolio daleles, jų vidaus ir išorės koncentracijos santykis (I/O) dažnai naudojamas kaip vidaus teršalų koncentracijos palyginimo su lauko koncentracija rodiklis. Jeigu  $I/O \ll 1$ , vidaus taršos šaltinių nėra, o vidaus aplinkai visų pirma daro įtaką lauko oras. Tuo atveju, kai  $0,5 < I/O < 1$ , vidaus šaltinių yra, tačiau jie nėra vyraujantys. Tuo atveju, kai  $I/O > 1$ , viduje yra stiprių šaltinių, darančių įtaką vidaus oro kokybei.

Remiantis Suomijoje gautais rezultatais, AD<sub>2.5</sub> frakcijos I/O santykis buvo nustatytas truputį didesnis po daugiabučių renovacijos - tiek tiriamuose, tiek kontroliniuose pastatuose (žr. 8 pav.). Tačiau AD<sub>10</sub> frakcijos I/O santykis tiriamuosiuose pastatuose padidėjo, o kontroliniuose pastatuose tendencija buvo priešinga. Nors skirtumas ir nėra statistiškai reikšmingas, tai gali rodyti, kad vidiniai stambųjų aerozolio dalelių šaltiniai po renovacijos kai kuriais atvejais gali daryti didesnę įtaką.



8 pav. Aerozolio dalelių vidaus-išorės koncentracijų santykiai pastatuose Suomijoje.

## LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Anttila M, Pekkonen M, Haverinen-Shaughnessy U. Asuinympäristön laatu, terveys ja turvallisuus Suomessa 2007-2011 - ALTTI 2011 -tutkimuksen tuloksia. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL). Työpäpaperi 29/2013.
2. Pekkonen M, Haverinen-Shaughnessy U. Asumisterveyden ja turvallisuuden kohdekohtainen arviointi. Valtakunnallisen lähiöohjelmahankkeen tuloksia. Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL). Työpäpaperi 32/2014.
3. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide. 2005.
4. EC, 2008. Air quality standards, directive 2008/50/EC. <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>.
5. Asumisterveysasetus 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista.
6. Asumisterveysohje 2003. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki, 2003.
7. Asumisterveysopas. Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2009. Sosiaali- ja terveysministeriö. Helsinki, 2009.
8. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot. Sisäilmatie. 2008.
9. LRS, Lietuvos higienos norma HN 35:2007, Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos ore (in Lithuanian). [http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc\\_l?p\\_id=297779](http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=297779), 2007.
10. LRS, Lietuvos higienos norma HN 42:2009, Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas (in Lithuanian).

## GYVENTOJŲ APKLAUSOS

Suomijoje, pirmoje apklausoje dalyvavo 234 gyventojai iš 45 daugiabučių pastatų (pradiniame vertinime), o antroje apklausoje dalyvavo 172 gyventojai, iš kurių 161 gyveno renovuotuose pastatuose. Vidutinis dalyvių amžius buvo 58 metai. Lietuvoje, iš viso pirmoje apklausoje dalyvavo 60 gyventojų iš 96 daugiabučių pastatų (pradiniame vertinime), o antroje apklausoje dalyvavo 27 gyventojai. Vidutinis dalyvių amžius buvo 54 metai.

3 lentelėje pateikti kai kurie sugrupuoti rezultatai iš būsto ir sveikatos klausimyno. Renovuotuose pastatuose savo būstu patenkintų gyventojų dalis padidėjo 11 proc. Suomijoje ir 16 proc. Lietuvoje. Pasitenkinimas vidaus aplinkos kokybe padidėjo abejose šalyse: atitinkamai 23 proc. Suomijoje ir 13 proc. Lietuvoje. Dėl šiluminio komforto Suomijoje nepastebėta ženklų pokyčių, o Lietuvoje apie tinkamą temperatūrą žiemos metu pranešusių gyventojų dalis padidėjo nuo 31 proc. iki 78 proc. Gyventojų, pranešusių apie kasdieninį arba beveik kasdieninį trukdantį triukšmą, susijusį su transportu arba pramone, sumažėjo abejose šalyse: 10 proc. Suomijoje ir 23 proc. Lietuvoje. Suomijoje pastebėta priešinga tendencija: atsiliepiamuose apie triukšmą, susijusį su santechnika, vėdinimu, elektros sistemomis ir t. t., padaugėjo 6 proc.

**3 lentelė.** Renovuotų ir kontrolinės grupės pastatų gyventojų atsiliepimai apie pasitenkinimą būstu, vidaus oro kokybe, vidaus temperatūra ir triukšmu.

Vertinimas	Tiriamieji pastatai		Kontrolinė grupė	
	1-as <sup>a</sup> % (N)	2-as <sup>b</sup> % (N)	1-as % (N)	2-as % (N)
<b>Suomija</b>				
Patenkinti būstu	41 (82)	52 (82)	58 (18)	46 (5)
Patenkinti vidaus oro kokybe	22 (42)	41* (65)	45 (14)	36 (4)
Tinkama vidaus temperatūra				
vasarą	58 (111)	57 (92)	48 (15)	73 (8)
žiemą	64 (130)	65 (105)	55 (17)	55 (6)
Vidutinis triukšmas susijęs su eismu arba pramone	28 (52)	18* (26)	7 (2)	18 (2)
vėdinimu, santechnika ir t. t.	12 (22)	18 (26)	21 (6)	30 (3)
<b>Lietuva</b>				
Patenkinti būstu	19 (9)	35 (9)	22 (2)	-
Patenkinti vidaus oro kokybe	20 (9)	33* (9)	13 (1)	-
Tinkama vidaus temperatūra				
vasarą	45 (23)	56 (15)	44 (4)	-
žiemą	31 (16)	78* (21)	44 (4)	-
Vidutinis triukšmas susijęs su eismu arba pramone	49 (19)	26* (6)	57 (4)	-
vėdinimu, santechnika ir t. t.	7 (2)	0 (0)	20 (1)	-

<sup>a</sup> prieš renovaciją

<sup>b</sup> po renovacijos

\* $p < 0,05$ , statistiškai reikšmingas skirtumas tarp vertinimo prieš ir po renovacijos

## IŠVADOS

Atliekant tyrimą buvo sukurta ir išbandyta išsami vertinimo sistema, skirta įvertinti energijos efektyvumo įtaką vidaus aplinkos kokybei ir sveikatai. Remiantis tiek objektyviais matavimais, tiek subjektyviu vertinimu prieš renovaciją ir po jos, paaiškėjo, kad pagerėjusio energijos naudojimo efektyvumo poveikis vidaus oro kokybei ir sveikatai iš esmės buvo teigiamas. Gyventojų pasitenkinimas būstu ir vidaus aplinkos kokybe dažniausiai pagerėjo.

## PADĖKOS

- Dėkojame pastatų savininkams ir gyventojams, dalyvavusiems projekte.
- Projekto valdybos nariai: Aino Nevalainen (THL), Ralf Lindberg (TUT), Kati Takala (Finnish Energy Industries), Derrick Crump (Cranfield universitetas, JK) ir Matthias Braubach (PSO Aplinkos ir sveikatos Europos centras, Vokietija).
- Asmenys prižiūrėję ir suteikę reikalingas priemones sėkmingam projekto įgyvendinimui: Anne Hyvärinen, Gyvenamosios aplinkos ir sveikatos skyriaus vadovas (THL); Matti Pentti, Statybų katedros vadovas (TUT) ir Eugenijus Valatka, Cheminės technologijos fakulteto dekanas (KTU).
- Lietuvos radiacinės saugos centras suteikė įrangą radono matavimams.
- Projektą iš dalies finansavo ES Life+ programa (LIFE09 ENV/FI/000 573), Suomijos būsto finansų ir plėtros centras ir Suomijos energijos pramonė.

Lietuvoje šiluminis komfortas padidėjo ženkliai, tuo tarpu vėdinimas kai kuriais atvejais galėjo suprastėti. Suomijoje kai kuriais atvejais padidėjo vidaus taršos šaltinių įtaka. Reikia taip pat pažymėti, kad ilgalaikis poveikis nebuvo tiriamas šio projekto rėmuose.

Pasinaudojant projekto rezultatais sukurtos rekomendacijos ir teikta pagalba įgyvendinant EPBD reikalavimus. Sukūrėme rodiklius, kuriuos galima naudoti vertinant vidaus aplinkos kokybę, susijusią su daline ir visas sistemas apimančia renovacija, o taip pat prisidedant prie energijos audito. Atskirų butų lygyje, vertinimo protokolą iš esmės galima naudoti užtikrinant, kad vidaus aplinkos kokybė atitiktų rekomendacijas (9 pav. pateiktas vieno iš butų Suomijoje vidaus aplinkos kokybės ataskaitos pavyzdys). Vertinimą galima panaudoti suteikiant naudingą informaciją ir pagalbą priimant sprendimus bei planuojant renovacijos darbus, o taip pat sudarant išsamesnį pastato būklės ir eksploatacinių savybių vaizdą, papildant energijos auditus ir sertifikatus.

### Vidaus aplinkos kokybės vertinimas [adresas] Ataskaita 2015-10-05

Šią ataskaitą sudaro vidaus aplinkos kokybės parametru vertinimo rezultatai, sudaryti naudojant INSULAtE projektui sukurtą protokolą. Daugiau informacijos, kaip teisingiau interpretuoti rezultatus, galima rasti adresu [www.insulateproject.eu](http://www.insulateproject.eu).

Parametras [vienetas]	Rezultatas		Interpretavimas pagal Būsto sveikatos rekomendacijas (2003), paruoštas Suomijos socialinių reikalų ir sveikatos ministerijos ( <a href="http://pre20090115.stm.fi/pr1063357766490/passthru.pdf">http://pre20090115.stm.fi/pr1063357766490/passthru.pdf</a> )
	Prieš renovaciją	Po renovacijos	
T [°C]	24	24	Gera temperatūra (T) yra 21 °C, o patenkinama T yra 18 °C. Kai šildymas įjungtas, vidaus T turėtų neviršyti 23-24°C.
RH [%]	32	32	Santykinė oro drėgmė (RH) turėtų būti apie 20-60%.
TI	60	71	Šiluminis rodiklis (TI) laikomas tinkamu ≥ 61, o geru ≥ 65.
CO <sub>2</sub> [ppm]	1543	1246	Vėdinimas neatitinka Suomijos sveikatos apsaugos įstatymo, jeigu anglies dioksido (CO <sub>2</sub> ) koncentracija viršija 1 500 ppm. Tinkama CO <sub>2</sub> koncentracija yra maždaug 1 200 ppm.
CO [ppm]	0	0	Anglies monoksido (CO) koncentracija turėtų neviršyti 8 mg/m <sup>3</sup> (6,9 ppm).
CH <sub>2</sub> O [µg/m <sup>3</sup> ]	22	21	Formaldehido (CH <sub>2</sub> O) koncentracija patalpos viduje turėtų neviršyti 100 µg/m <sup>3</sup> .
Radonas [Bq/m <sup>3</sup> ]	100	70	Metinė vidutinė radono koncentracija turėtų neviršyti 400 Bq/m <sup>3</sup> .

Spalvų kodai	T [°C]	RH [%]	TI	CO <sub>2</sub> [ppm]	CO [ppm]	CH <sub>2</sub> O [µg/m <sup>3</sup> ]	Radonas [Bq/m <sup>3</sup> ]
Gerai	18 ≤ T ≤ 21	20-60	≥ 65	< 1 200		< 35	< 200
Patenkinamai	21 < T ≤ 24		≥ 61	1 200-1 500		< 100	< 400
Prastai	T < 18, T > 24			> 1 500	> 6,9		

9 pav. Projekto metu sudarytos VAK ataskaitos pavyzdys.

Nacionaliniu lygiu panašias apklausas galima rengti vertinant nacionalinę politiką ir programas. Projekto metu sukauptą didelę duomenų bazę galima naudoti kaip pavyzdį, jeigu nėra nacionaliniu mastu reprezentatyvių duomenų bazių. Daugelyje šalių nėra objektyvios informacijos apie būsto būklę ir vidaus aplinkos kokybę. Pavyzdžiui, šilumos ir vėdinimo sąlygų vertinimas nacionaliniu mastu taip pat suteikia informacijos apie per didelio šildymo arba vėsinimo problemas, kurios yra glaudžiai susijusios su energijos suvartojimu: atlikus paprastus pakeitimus galima sutaupyti didelį kiekį energijos, o taip pat pagerinti vidaus aplinkos kokybę. ES lygiu kai kuriuos rodiklius galima įtraukti į esamas apklausas ir duomenų bazes (pvz., Eurostat, WHO ENHIS).

Nuoroda citavimui: Turunen M, Leivo V, Martuzevicius D, Prasauskas T, Kiviste M, Aaltonen A, Du L, Haverinen-Shaughnessy U. Daugiabučių pastatų energinio efektyvumo gerinimas, poveikis vidaus aplinkos kokybei ir sveikatai. Data brief 15/2016. Nacionalinis sveikatos ir gerovės institutas, Helsinki, Suomija.

Nacionalinis sveikatos ir gerovės institutas  
PO Box 30 (Mannerheimintie 166)  
FI-00271 Helsinki, Suomija  
Telefonas: +358 29 524 6000  
ISBN 978-952-302-693-3 (printed)  
ISSN 1798-0070  
ISBN 978-952-302-694-0 (online publication)  
ISSN 2323-5179  
<http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-302-694-0>

[www.insulateproject.eu](http://www.insulateproject.eu)